



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Neue Technologien, Ergänzung oder Konkurrenz bestehender Druckverfahren. Referate, anlässlich der VDD-Jahrestagung am 12. November 1976 in VDMA-Haus, Frankfurt

Uhrig, K. R.; Agte, Rolf; Koller, R. et al.
(1976)

DOI (TUpriints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014109>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Conference or Workshop Item

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14109>

Die Referate wurden gehalten anlässlich
der VDD-Jahrestagung am 12. November 1976
im VDMA-Haus, Frankfurt

Herausgeber:

Verein Deutscher Druckingenieure e.V.
6000 Frankfurt 76 Postfach 76 01 27

Der Vorstand

Dipl.-Ing. Rudolf K. Uhrig M.Sc. (Vors.)
Dr.-Ing. Rolf Bosse, Dipl.-Ing. Günter Höl-
scher, Ing.grad. Siegbert Holderried,
Dipl.-Ing. Roland Kettinger

Die Herstellung der Broschüre erfolgte mit
freundlicher Unterstützung der

HEIDELBERGER DRUCKMASCHINEN AG

INHALT

Einführung Dipl.-Ing. K.R. Uhrig	5
Zu Definition und Inhalt druck- technischer Begriffe Rolf Agte	7
Systematisches Entwickeln von Druckverfahren und Druckwerken Prof. Dr.-Ing. R. Koller	21
Einführung in die informations- theoretischen Grundlagen der Drucktechnik Prof. Dipl.-Ing. K.R. Scheuter	41
Funktion, Technologie und Lei- stungsgrenzen der Elektrografie Dr. R.H. Epping	61
Stand und Entwicklungstendenzen der Faksimiletechnik Dr.-Ing. D. Preuß	87
Müssen neue Drucktechnologien immer gleich Konfrontation bedeuten? Obering. K. A. Springstein	111

Einführung

Dipl.-Ing. K. R. Uhrig MSc, Vorsitzender des
Vereins Deutscher Druckingenieure e. V.,
Heidelberg

Das Thema der Jahresveranstaltung 1976

Neue Technologien - Ergänzung oder Konkurrenz bestehender Druckverfahren

wurde gewählt, um etwas Klarheit zu schaffen über den Stand der Technik auf dem Gebiet des Druckens. Vor allem vor der im nächsten Jahr stattfindenden DRUPA soll dieser Stand der Technik deutlich ins rechte Licht gerückt werden, um eventuell unberechtigt vorhandene Furcht vor angeblich revolutionierenden Technologien auszuräumen.

Es besteht Klarheit darüber, daß es dringend erforderlich ist, alle die Drucktechnik berührenden neuen Techniken ernsthaft zu prüfen. Es wird jedoch nicht möglich sein, hier das immer größer werdende Gebiet der die Druckmaschinenindustrie betreffenden Techniken umfassend zu behandeln.

Diese Veranstaltung soll als Momentaufnahme zur Klärung der gegenwärtigen Situation beitragen, denn nur eine ständige Beobachtung aller Kommunikationstechniken ermöglicht eine genaue Beurteilung des eigenen Standortes.

Die Thematik der einzelnen Referate ist weit gefaßt. Der Umfang erstreckt sich von

den Begriffsbestimmungen bis zur Erläuterung konkreter Technologien, mit deren Hilfe ebenfalls bedruckte Produkte hergestellt werden können.

Wir danken den Referenten für ihre Beiträge. Besonders bedanken wir uns beim Präsidenten des VDMA und der DRUPA, Herrn Dr. Kurt Werner, der es ermöglichte, daß diese Veranstaltung wieder im Hause des VDMA durchgeführt werden konnte.

- Zu Definition und Inhalt drucktechnischer Begriffe -

ROLF A g t e (FOGRA, München)

Was heißt überhaupt Drucken und wo sind seine Grenzgebiete?

Der Begriff Drucken wird von zwei Bereichen geprägt: (1) dem Zwecke nach von der Kommunikationstechnik und (2) vom Verfahren her durch die Fertigungstechnik.

Wenn man so will, bedient man sich zum Zwecke des Informierens einer speziellen Art von Verfahrenstechnik. Von den Basistechnologien Urformen, Umformen, Trennen, Fügen, Beschichten und Stoffeigenschaftändern (nach DIN 8577) benutzt man beim Drucken den Fertigungsbereich Beschichten - nämlich Druckfarbe auf den Bedruckstoff! (Die Benennung Druckträger sollte man wegen ihrer Vieldeutigkeit nicht verwenden!)

Hinzu kommt im Sinne der Kommunikation die wiederholbare, permanente Wiedergabe von Bild und/oder Text, so daß man Drucken als

ein Vervielfältigungsverfahren für Bild und/oder Text bezeichnen kann, das für diesen Zweck das Fertigungsverfahren Beschichten einsetzt.

In diesem Sinne wurde schon vor Jahren in DIN 16 544 definiert:

Drucken = Wiedergabe einer textlichen und/oder bildlichen Darstellung von Druckfarbe bzw. färbenden Substanzen auf den Bedruckstoff mittels einer Druckform.

Diese Definition, die zum Drucken noch eine Druckform voraussetzt, wurde in den letzten Jahren durch eine Definition der "dritten Generation" abgelöst:

Drucken = Vervielfältigen, bei dem zur wiederholbaren Wiedergabe von Informationen Druckfarbe auf einen Bedruckstoff unter Verwendung eines Druckbildspeichers (z. B. einer Druckform) aufgebracht wird.

Mit dieser Definition ist die Technologie des Druckens klar umrissen - und eigentlich sollten wir über eine so deutlich abgegrenzte und doch für die vielseitigsten Varianten offene Definition erfreut und zufrieden sein - denn es ist eine stabile Definition, um die uns so manche andere Technologie beneiden kann!

Bevor ich jedoch auf die technologisch/terminologischen Abhängigkeiten im Hause Drucken selbst eingehe, ist es vergleichbar interessanter - aber auch riskanter - die Zusammenhänge im Umfeld des Druckens zu durchleuchten, wobei ich im besonderen an Benennungen wie Vervielfältigen, Kopieren und Reproduzieren denke. Vorausschicken sollte ich jedoch als nicht unwesentlich, daß es die Sprache zuläßt, daß jeder

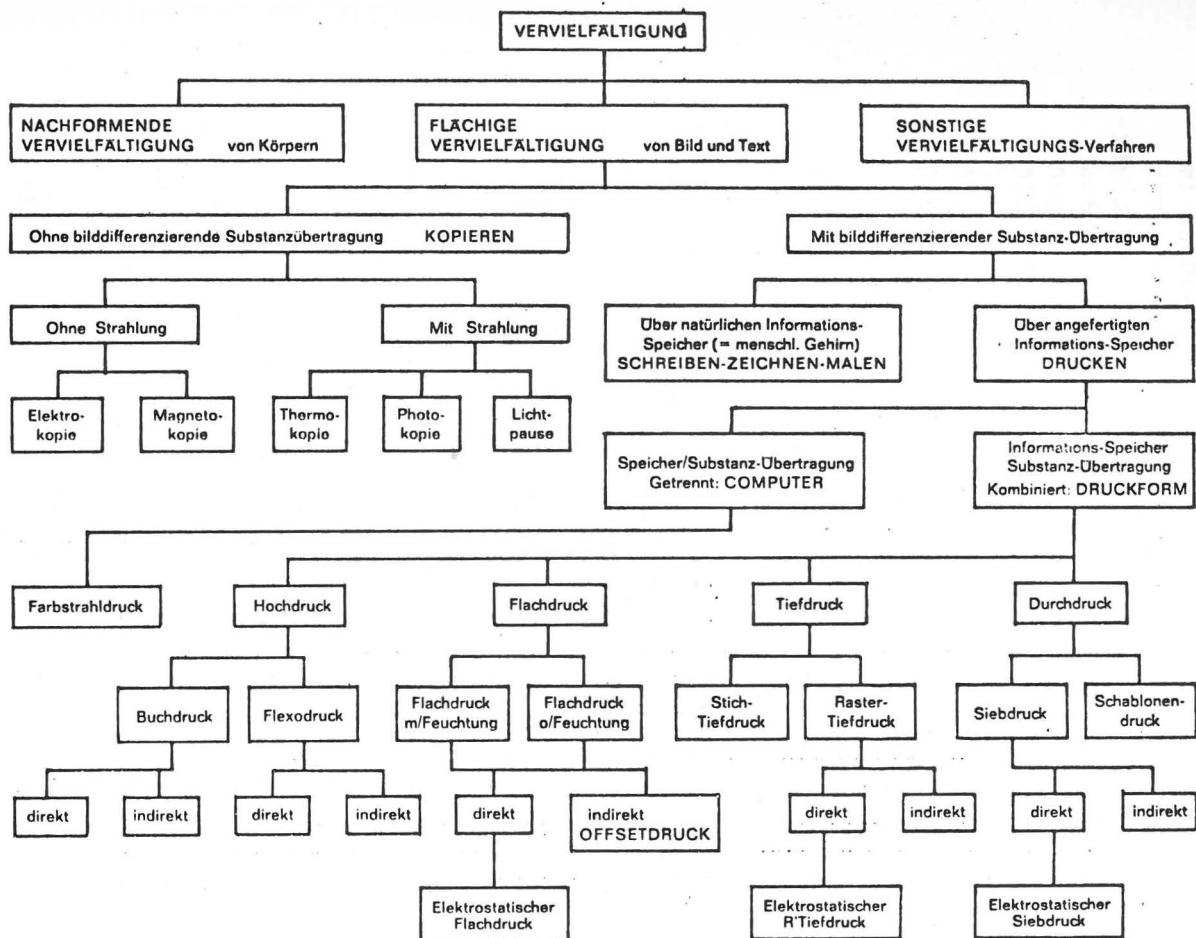
von uns eine vertretbare eigene Meinung zum Inhalt eines Begriffes hat. Worauf es jedoch im technischen Bereich ankommt, ist, daß wir uns als Techniker, Ingenieure und Naturwissenschaftler (lassen wir die Werbung einmal völlig aus dem Spiel!) auf klare Begriffsinhalte einigen (ich betone: einigen!) im Sinne und zum Nutzen einer klaren Verständigung zwischen Produzent und Käufer wie auch besonders im Rahmen der Ausbildung in den Berufs- und Fachschulen und in den Betrieben.

Um Ihnen zunächst den Standort der Technologie Drucken zu vermitteln, möchte ich Sie bitten, sich das folgende Schema anzuschauen. Es stellt ein Konzept dar, das die Technik des Druckens in ihrer Abhängigkeit zu verwandten Medien der Vervielfältigung aufzeigt - ein Konzept, über das man diskutieren, das man ändern, das man sicher auch noch verbessern kann!

Sie erkennen deutlich, daß nach dieser Darstellung Kopieren und Drucken zwei verfahrenstechnisch unterscheidbare Techniken der Vervielfältigungstechnologie sind, und zwar wird immer dann kopiert, wenn eine Vorlage mit Hilfe einer sensiblen Schicht - ohne Übertragung jeglicher Substanz - reproduziert und - falls mehrmals - vervielfältigt wird.

Gedruckt wird immer dann, wenn eine bild/nicht-bild-differenzierte Substanzübertragung auf ein Substrat zwecks Reproduktion bzw. Vervielfältigung einer Vorlage erfolgt. Um also an die Gedanken von vorhin anzuschließen: Drucken benutzt zum Reproduzieren die Technologie Beschichten - Kopieren dagegen die Fertigungstechnik Stoffeigenschaftändern! Beide dienen der Ver-

Gliederungsschema zum Thema »Vervielfältigen«, das auch die modernen Entwicklungen berücksichtigt.



vielfältigung von Bild und/oder Text, so daß als Oberbegriff Vervielfältigen gewählt wurde. Er sollte wegen seines allgemeinen Inhalts auch ebenso allgemein definiert werden:

Vervielfältigen = das mehrfache Herstellen
eines Gegenstandes

Vergessen wir bitte an dieser Stelle den gering-schätzenden, z. T. abwertenden Anstrich, den der Drucker diesem Wort immer dann zu verleihen pflegt, wenn er etwas meint, das an einen Qualitätsdruck nicht heranreicht!

Und da wir gerade bei Qualität sind: für Parameter wie Qualität, Quantität, Geschwindigkeit, Format u.a. gibt es keine sachliche Grenze - so, wie man jede Sache besser oder schlechter, langsamer oder schneller oder auch oft und weniger oft durchführen kann! Das heißt: diese Merkmale sind zur terminologischen Unterscheidung ungeeignet bzw. unbrauchbar! Denn - ich darf es im Familienkreis wohl hinter vorgehaltener Hand sagen: rein technisch betrachtet ist schlecht gedruckt auch gedruckt!!

Also - wie gesagt - führen wir den Begriff Vervielfältigen auf seinen ursprünglichen Inhalt (ohne Begrenzung auf Büro oder mangelnde Qualität) zurück und verwenden wir ihn bar jeglicher Diskriminierung im Sinne eines "Tätigwerdens in Vielfalt", damit die allgemeine Gültigkeit dieses Begriffs für alle Sachbereiche, die vervielfältigen, erhalten bleibt.

Nachdem wir den Begriff "Drucken" somit in seine Umwelt eingeordnet und darin abgegrenzt haben,

sollen nunmehr die Grundbegriffe im Hause Drucken näher betrachtet werden. Und zwar sind es vier Parameter, die hier unentbehrlich sind

- (1) die wiederzugebende Information
- (2) die zu übertragende Substanz
(= Druckfarbe)
- (3) der Bedruckstoff
- und (4) das System, das (2) und (3) im Sinne
von (1) überträgt (z. B. Druckform/
Druckmaschine)

Auf der Basis dieser Grundfunktionen lassen sich die folgenden Definitionen für den Fertigungsbe-
reich Drucken aufstellen:

Drucken

Vervielfältigen⁺, bei dem zur Wiedergabe von In-
formationen (Bild und/oder Text) Druckfarbe⁺ auf
einen Bedruckstoff⁺ unter Verwendung eines Druck-
bildspeichers⁺ (z. B. Druckform⁺) aufgebracht
wird.

Druckbildspeicher

Speicher (z. B. Druckform⁺), der für die Wieder-
gabe von Bild und/oder Text durch Drucken⁺ alle
zur Aufbringung der Druckfarbe⁺ auf den Bedruck-
stoff⁺ erforderlichen Informationen enthält.

Druckform

Werkzeug (Material), das so bearbeitet ist, daß
damit Druckfarbe⁺ auf den Bedruckstoff⁺ zur Wie-
dergabe einer textlichen und/oder bildlichen Dar-
stellung (vgl. Drucken⁺) übertragen werden kann.

Druckbild

Information, bestehend aus der Gesamtheit aller Druckbildelemente⁺ in allen Arbeitsstufen einer durch Drucken⁺ anzufertigenden Darstellung.

Druckbildelement

Druckfarbe⁺ übertragende bzw. empfangende Einzelstelle (z. B. Letternschriftbild, Linie, Rasterpunkt, Rasternäpfchen) in allen Arbeitsstufen einer durch Drucken⁺ anzufertigenden Darstellung.

Druckfarbe

Substanz, die beim Drucken⁺ auf den Bedruckstoff⁺ aufgebracht wird.

Bedruckstoff

Werkstoff, der bedruckt wird.

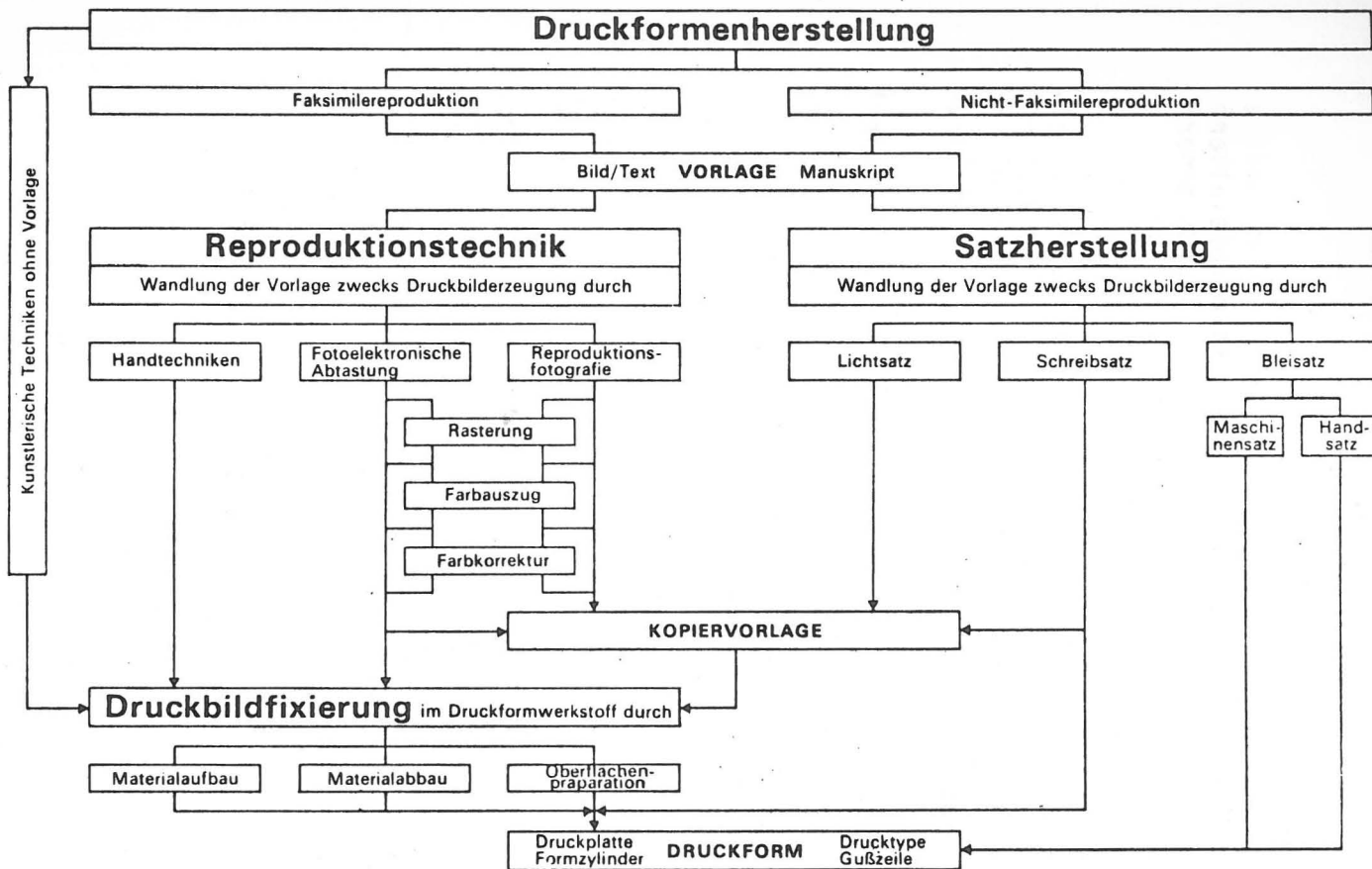
Druckmaschine

Maschine, in der der Vorgang des Druckens⁺ ausgeübt wird (vgl. DIN 8730).

Vielleicht sollte ich noch auf die Benennung Reproduktionstechnik eingehen, die in der Druckindustrie als Teilbereich der Druckformenherstellung verstanden wird. Die Abhängigkeiten per definitionem sehen etwa so aus:

Druckformenherstellung

Teilbereich der Drucktechnik, in dem die für das Drucken erforderliche Druckform hergestellt wird.



Reproduktionstechnik

In der Druckformenherstellung der Teilbereich, in dem von einer Vorlage (Bild und/oder Text) zwecks originalgetreuer Wiedergabe eine Druckform hergestellt wird.

Satzherstellung

In der Druckformenherstellung der Teilbereich, in dem mittels Setzverfahren von einer Textvorlage eine Druckform und/oder eine Textkopiervorlage gefertigt wird.

Alle gegebenen Definitionen geben bewußt keineswegs den status quo wieder, sondern lassen im Gegenteil Weiterentwicklungen auf dem Gebiet der Drucktechnik genügend Spielraum. Schon heute müssen wir bereits umdenken: denn die Vorstellung, daß Drucken immer und ewig mit einer Druckform verbunden sei, läßt sich angesichts der technischen Entwicklung nicht mehr aufrechterhalten - es sei denn, man engte den Bereich des Druckens auf die von einer Druckform arbeitenden Druckverfahren ein, was die Druckindustrie in ihrer Entwicklungsbreite unnötig einschränken würde. Und wer will das schon!

Nun zur Abgrenzung des Druckens von anderen Verfahren der Vervielfältigung von Bild und Text! Dieser Betrachtung sollen konsequent die bisher formulierten Definitionen zugrunde gelegt werden. Hier ist der Bereich der Kopierverfahren wegen seiner Durchlässigkeit zu den Druckverfahren besonders interessant, obgleich klare technologische Unterschiede bestehen:

Während beim Drucken - und ich wiederhole dies absichtlich - die Reproduktion durch einen in der Regel kontrastierenden Druckfarbtauftrag auf besagten Bedruckstoff erfolgt, wird bei den Kopierverfahren die zu reproduzierende Darstellung in einem sensiblen Material erzeugt, das auf bestimmte Einflüsse wie z. B. Licht, Wärme oder Chemikalien mit einer lokalen Eigenschaftsänderung reagiert. In diesem Sinne ist der sogenannte Bromsilberdruck, bei dem auf ein Photopapierband kontinuierlich Bilder (z. B. für Ansichtspostkarten) aufbelichtet, entwickelt und getrocknet werden, trotz des irreführenden Namens ein echtes Kopierverfahren.

Übrigens die Hektographie ist, so wenig man ihr das auch ansieht, sogar in doppelter Hinsicht ein echtes Druckverfahren. In diesem Falle besteht die Druckform aus einer Folie, auf die z. B. durch Typenanschlag in einer Schreibmaschine (- also mittels eines Druckvorganges -) das Druckbild als endliches Druckfarbenreservoir aufgebracht wird. Dieses Druckbild wird mit Hilfe eines Lösemittels im Kontakt mit dem Bedruckstoff (- also im Sinne des Umdruckens -) Bogen um Bogen abgetragen, bis das Farbreservoir erschöpft ist.

Anders wiederum der Blinddruck, bei dem trotz seines Namens nicht gedruckt, sondern geprägt und damit das Fertigungsverfahren Umformen eingesetzt wird.

Und nun zu den elektrostatischen Vervielfältigungsverfahren. Ihre Verfahrensweise besteht darin, daß man im Sinne der Elektrophotographie Bild- und Nichtbildstellen durch elektrostatische Ladungskräfte differenzieren kann, wozu

Halbleiterschichten verwendet werden. Belichtet man nun ein mit Zinkoxid beschichtetes aufgeladenes Papier durch ein Diapositiv, so bleiben die Ladungskräfte an den Bildstellen erhalten. Die Sichtbarmachung erfolgt durch Entwickeln und Fixieren mit geeigneter Substanz - also ein rein elektrophotographischer Kopiervorgang mit Hilfe eines photo-elektrisch sensiblen Materials. Eine andere Variante verwendet eine Selentrommel, auf die nach dem soeben geschilderten elektrophotographischen Kopiervorgang die Vorlage als Ladungsbild aufgebracht wird. Dieses Ladungsbild wird auf der Trommel eingefärbt, jedoch dort nicht fixiert, sondern auf einen unpräparierten Bedruckstoff übertragen und erst dort - z. B. durch einen Schmelzvorgang - fixiert. Diese Variante kombiniert zwei Vervielfältigungsverfahren:

- (1) die Ladungsdruckform wird mittels Kopiervorgang erzeugt,
- (2) die Druckform (= Selentrommel) überträgt Druckfarbe auf den Bedruckstoff, was laut Definition einem Druckvorgang gleichkommt.

Ein Gerät oder eine Maschine, die auf diese Weise Vervielfältigungen herstellt, vereinigt die Druckformherstellung und den Druck in einem einzigen Aggregat! Dies hat für den Druckmaschinenbau lange Zeit eine Novität bedeutet.

Sicher ist es angebracht, noch kurz auf die nachformende Vervielfältigung von Köpern einzugehen, da diese Verfahrensgruppe bei der Herstellung der Druckformen vielseitig Verwendung findet. So sei hier als Beispiel an das Prägen und Ausgießen der Mater in der Stereotypie, an die galvanische

Abformung der Mater in der Galvanoplastik, an das Prägen von Blechen zu Druckplatten und ähnliche Vorgänge erinnert.

Daß der Farbstrahldruck oder ink jet printing ein echtes Druckverfahren ist, hatte ich bereits bei der Interpretation des Schemas erläutert. Wie gesagt, benutzt der Farbstrahldruck als Druckbildspeicher anstelle des Werkzeugs "Druckform" einen Computer-Speicher, der seinerseits ein Düsen-Druckwerk steuert.

Bei all diesen Standortbestimmungen wundert es niemand mehr, daß jeder Stempel, soweit er eingefärbt wird, druckt - und daß auch die so lieb gewordene Schreibmaschine in Wirklichkeit eine Setz- und Druckmaschine ist.

Und es ist auch klar geworden, daß sich das technologische Verfahren allein mit den Kriterien Qualität oder Quantität nicht ändert. Das heißt schlicht, daß es technisch ein Unding ist, ein Druckverfahren, wenn es einen Qualitätsstandard unterschreitet oder wenn es von kleineren Maschinen ausgeübt wird, plötzlich als "Vervielfältigen" zu bezeichnen. Denn solange die Ihnen anfangs gegebene Definition des Druckens voll erfüllt ist, handelt es sich um die Technologie des Druckens. Und diese hinwiederum ist eine der möglichen Varianten innerhalb der Vervielfältigungstechniken von Bild und/oder Schrift.

So ist der Druckindustrie und der Maschinenindustrie mit den unterbreiteten Definitionen ein Instrument an die Hand gegeben, das den technologischen Bereich des Druckens klar umreißt und dabei - das ist besonders wichtig - den Spielraum für weitere Entwicklungen keinesfalls einengt.

Denn die lange, informations-verlustreiche Arbeitsstrecke von der Vorlage zum Druck wird immer kürzer! Und vielleicht sollten wir uns so langsam damit vertraut machen: von einer Druckmaschine, deren Druckbildspeicher für die Grundfarben von einem Vorlage-Farbanalysator gespeist werden und ihrerseits selbst entsprechende Düsendruckwerkbatterien zwecks Druckfarbauftrag auf die Bedruckstoffbahn steuern, sind wir keinesfalls allzuweit entfernt!

Und diese wie andere Möglichkeiten schließt die hier gegebene Definition des Druckens nicht aus!

Wie wichtig eine korrekte Begriffsfindung ist, soll abschließend am wohlbekannten Beispiel des Trockenoffsetdruckes demonstriert werden. Während im Deutschen der Offsetdruck mit dem indirekten Flachdruck identisch ist, meint alle Welt mit Trockenoffset einen indirekten Druck von flachgeätzten Buchdruckplatten. Andererseits gibt es ein Offsetdruckverfahren, das ohne Wasser - also trocken - arbeitet, und das die Bezeichnung Trockenoffset zu recht verdient - die DRIOGRAPHY. Eine ähnliche Mißbildung ist die kürzlich getauchte Benennung "Direkt-Offset", mit der das umschrieben werden soll, was in den USA mit DILITHO bezeichnet wird - nämlich ein direktes Flachdruckverfahren für Zeitungen. Da aber der Offsetdruck immer indirekt arbeitet - daher der Name -, ist die Formulierung "Direkt-Offset" ein Widerspruch in sich. Gemeint ist natürlich der "direkte Flachdruck".

Somit hoffe ich, Ihnen - wie versprochen - den Standort der Technologie Drucken samt seinem Um-

feld dargestellt zu haben, wobei klare Definitionen im Sinne einer klaren Fachsprache zur Anwendung kamen.

Und im Sinne einer guten technischen Verständigung - so meine ich, und so bitte ich - sollten wir diese auch benutzen!

Systematisches Entwickeln von Druckverfahren und Druckwerken

Prof. Dr.-Ing. R. Koller
Institut für allgemeine Konstruktionstechnik
des Maschinenbaus
Rheinisch-Westfälische Hochschule Aachen

Neue Forderungen, Werkstoffe und Technologien machen es von Zeit zu Zeit erforderlich, grundlegend über die Möglichkeiten der Realisierung und Verbesserung von Druckfarben und Druckwerken nachzudenken. Der folgende Vortrag soll hierzu als Anregung und Hilfsmittel zur systematischen Lösungssuche von Druckverfahren und Druckwerken dienen. Zur Erstellung dieser Hilfsmittel sollen die Erkenntnisse der Konstruktionsmethode-Forschung angewandt werden.

1. Einführung

Die technischen Möglichkeiten der Kommunikation zwischen elektronischen Datenverarbeitungsanlagen und dem Menschen sind u.a. durch dessen Sinnesorgane bedingt und begrenzt. Druckende Geräte haben bekanntlich die Aufgabe, Informationen zu dokumentieren und so darzustellen, daß sie von den visuellen Sinnesorganen des Menschen jederzeit aufgenommen werden können. Die dafür zweifelsohne kostengünstigen Lösungen sind die von Schreibmaschinen, Fernschreibmaschinen oder Schnelldruckern her bekannten mechanischen Druckverfahren bzw. Druckwerke. Für die grundlegende Behandlung dieser Aufgabe "Entwickeln eines Druckverfahrens" ist es zweckmäßig, diese in zwei Teilaufgaben, und zwar:

- Erzeugen eines speicherbaren, für das Auge sichtbaren Helligkeits- oder Farbeindrucks

und

- Erzeugen einer bestimmten geometrischen Zeichenform mit diesem Farbeindruck

zu gliedern. Die 1. Teilaufgabe führt auf das Problem der Erzeugung eines Farb-, Helligkeits- oder anderen für das menschliche Auge wahrnehmbaren optischen Eindrucks, die 2. Teilaufgabe auf das Herstellen geometrischer Figuren mit Hilfe dieses Farbeindrucks. Wenn man unterstellt, daß es gelingt, jeden beliebigen Farbeindruck zu einem Zeichen zu formen, so kann die 1. Teilaufgabe völlig unabhängig von der 2. Teilaufgabe behandelt werden. Von einer allgemein gültigen Methode zur Konzeption von Lösungen für eine solche Aufgabenstellung muß erwartet werden, daß sie grundsätzlich alle existenten Lösungen für eine bestimmte Aufgabenstellung liefert. Tatsächlich kann man heute mit den Mitteln der Konstruktionsmethodik mit relativ hoher Sicherheit systematisch weitgehend alle existenten Lösungen für eine bestimmte Aufgabenstellung entwickeln.

2. Variation des Druckverfahrens

Eines der wesentlichen Ergebnisse der Konstruktionsforschung war die Erkenntnis, daß alle Vorgänge in technischen Systemen auf eine endliche Zahl von Grundoperationen zurückgeführt und daß diese durch Zuordnung entsprechender physikalischer-, chemischer - oder biologischer Effekte realisiert werden können. Angewandt auf die hier vorliegende Aufgabe läßt sich abstrakt sagen,

daß ein optisches Signal durch Verändern der Helligkeit und bzw. oder der Farbe eines Lichtstrahls erzeugt werden kann. Formal kann das durch Steuern der Grundoperationen Wandeln, Verkleinern, Richtungsändern, Unterbrechen, Teilen oder Trennen von Lichtströmen geschehen. Unterstellt man, daß diese Systematik physikalischer, chemischer und biologischer Effekte für die genannten Grundoperationen vollständig erstellt, so ist es mit diesen Hilfsmitteln theoretisch möglich, alle Lösungen für eine derartige Aufgabenstellung anzugeben. In dem vorliegenden konkreten Fall genügt es aber nicht, einen Lichtstrahl in der o. g. Weise zu modulieren, so daß ein nur kurzzeitig sichtbarer Helligkeits- oder Farbeindruck entsteht, sondern es ist vielmehr ein optischer Eindruck auf dem Datenträger zu erzeugen (zu speichern), so daß dieser von einem menschlichen Auge jederzeit erfaßt werden kann. Das bedeutet, daß der betreffende Datenträger lokal so beeinflußt werden muß, daß sich seine optischen Eigenschaften so ändern, daß der an dieser Stelle reflektierende Lichtstrom seine Helligkeit oder Farbe gegenüber der Gesamtfläche des Datenträgers verändert. Eine derartige Eigenschaftsänderung eines Stoffes ist abstrakt als Wandeln eines Stoffes zu bezeichnen [1]. Formal lassen sich hierfür die bekannten optischen Effekte

Absorbieren / Durchlässigkeit
Reflektion
Brechung
Doppelbrechung
Dispersion
Interferenz
Polarisation
Beugung
Lumineszenz u.a.

angeben. Grundsätzlich kann man sich theoretisch zu jedem der genannten Effekte "Druckverfahren"¹⁾ - basierend auf diesen Effekten - vorstellen. Die heute üblichen Druckverfahren beruhen im wesentlichen alle auf dem Absorptionseffekt, d.h. die Oberfläche des Datenträgers wird lokal so verändert, daß örtlich Licht absorbiert wird und folglich ein Hell-Dunkel-Kontrast an der betreffenden Stelle entsteht.

Theoretisch kann man sich auch Druckverfahren denken, welche beispielsweise auf einer lokalen Änderung des Reflexions-, des Polarisationsvermögens oder anderer Effekte beruhen. Für die Systematik von Druckverfahren scheint es sinnvoll zu sein, grundsätzlich zwischen zwei Verfahrensgruppen zu unterscheiden, und zwar:

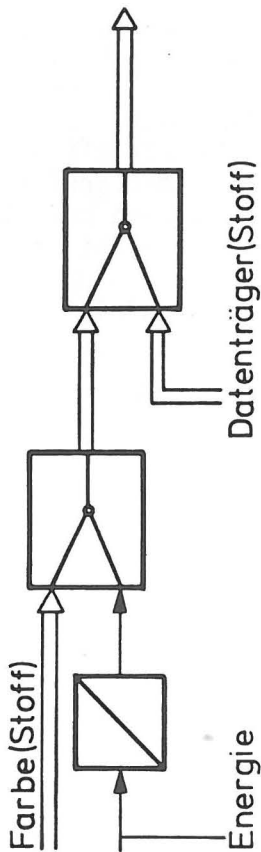
- a) solchen, welche die optische Eigenschaftsänderung durch Auftragen eines zusätzlichen Hilfsstoffes (Absorptionsstoff (Farbe), Reflexionsstoff, Polarisationsstoff etc.) erreichen und
- b) solchen mit veränderlicher (eigener) Absorption (Farbumschlag), Reflexion, Polarisation etc.

1) Hier ist der Begriff "Druckverfahren" im weitesten Sinne zu verstehen - d.h. jede Art von Bilderzeugung, wie bei Bildschirmen, der Holographie etc., sollen hier ebenfalls unter diesem Begriff verstanden werden.

Aus diesen Vorüberlegungen folgt, daß im Falle a) zwei Stoffe (optischer Stoff (Farbe) und Datenträger) miteinander verbunden werden können. Der optische Stoff (im folgenden kurz Farbe genannt) muß zu diesem Zweck zum Datenträger transportiert werden. Das bedeutet, daß der betreffende Farbstoff in Bewegung gesetzt bzw. mit Bewegungsenergie beaufschlagt (verbunden) werden muß. Da die hierzu notwendige Energie meist nicht in der erforderlichen Form vorliegt, muß sie üblicherweise noch in die gewünschte Form gewandelt werden. Hieraus folgt die in Bild 1 a gezeigte Grundoperationsstruktur für "Stoffverbindende Druckverfahren", welche folgenden Sachverhalt wiedergibt: Farbstoff wird mit Energie geeigneter Form verbunden; die Energie wird zu diesem Zweck erforderlichenfalls vorher in die gewünschte Form gewandelt, Farbstoff und Datenträger werden zusammengeführt und verbunden.

Bei Verfahren ohne zusätzlichen Farbstoff (Fall b)) muß zur Erzeugung eines Zeichens die optische Eigenschaft des Stoffes örtlich verändert werden. Zu diesem Zweck ist der betreffende Stoff lokal zu wandeln. Da es sich bei diesem Stoffumwandlungsprozeß üblicherweise um endotherme Prozesse handelt, ist entsprechend Energie zuzuführen. Diese muß üblicherweise in die erforderliche Energieart umgewandelt werden. Aus diesen Überlegungen folgt eine Grundoperationsstruktur für farbstofflose Druckverfahren, wie sie Bild 1 b zeigt. Aus diesen Überlegungen ergibt sich auch, daß die heute in der Praxis üblichen Unterscheidungen der Druckverfahren in sogen. "mechanische- und nichtmechanische Druckverfahren" eigentlich sehr unzureichend ist und einer vollständigen Lösungsfindung u. U. im Wege steht.

a, Stoffverbindende
Druckverfahren



b, Stoffwandelnde
Druckverfahren

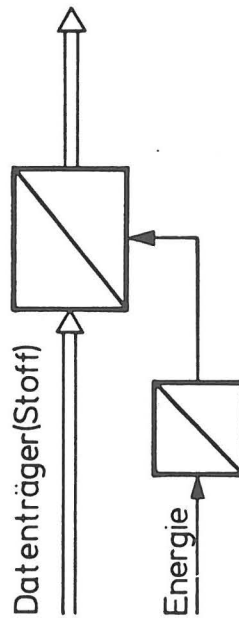


Bild 1: Grundoperationsstruktur für stoffver-
bindende (a) und stoffwandelnde (b)
Druckverfahren

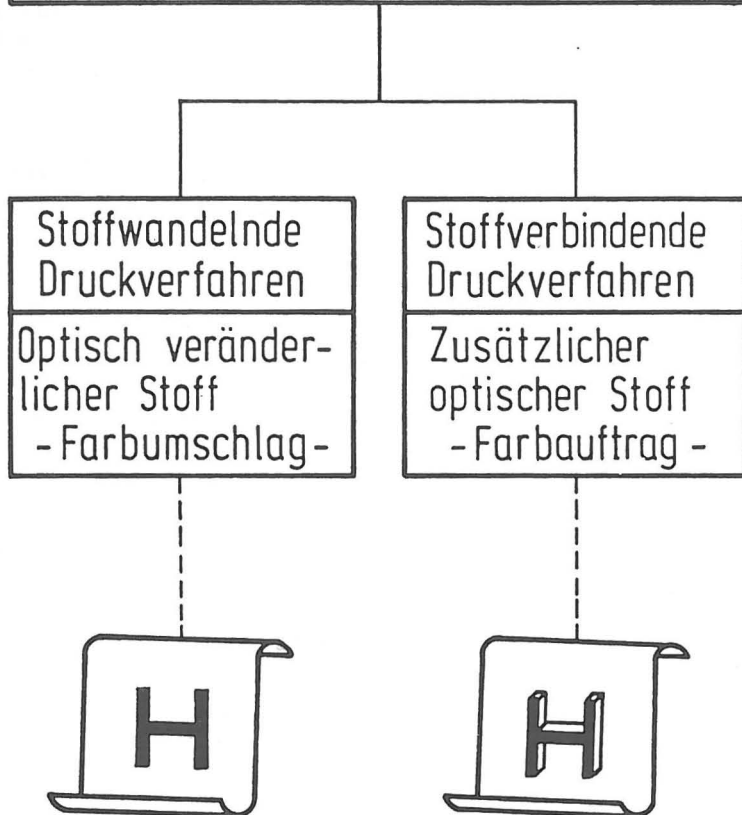
Es scheint im Hinblick auf eine Systematik der Druckverfahren besser, zwischen "Stoffverbindende" und "Stoffwandelnde Druckverfahren" zu unterscheiden. Unter Ersteren sind Verfahren zu verstehen, die einen optisch wirksamen Stoff auf den Datenträger aufbringen, die zweite Gruppe von Verfahren verändert den Datenträger selbst bezüglich seiner optischen Eigenschaften (Bild 2).

Wie bereits erwähnt, kommen zur Erzeugung eines gespeicherten optischen Eindrucks (Signal) grundsätzlich alle bekannten optischen Effekte, wie Absorption, Reflexion usw. in Betracht (s. Bild 3, Zeile 1). Es ist nun Ziel der weiteren Betrachtungen, für die restlichen Operationen nach Bild 1 alle existenten physikalischen Effekte anzugeben, um damit zu einer möglichst vollständigen Kombinationssystematik zu gelangen (Bild 3).

Im Falle a) (stoffverbindende Verfahren) ist eine Flüssigkeit mit entsprechenden optischen Eigenschaften mit dem Datenträger zu verbinden - oder von diesem lokal zu trennen. Die Adhäsion bzw. Kohäsion ist ein geeigneter Effekt zum Verbinden bzw. Trennen von Stoffen (Bild 3, Zeile 3). Eine weitere physikalische Möglichkeit zur Verbindung von Stoffen ist das Schmelzen, das Schweißen oder das Löten. Mechanische Verbindungen sollen in diesem Zusammenhang außer Betracht gelassen werden.

Bei stoffverbindenden Druckverfahren ist ferner noch die Grundoperation "Verbinden von Energie und Stoff" bzw. "Transportieren eines optischen Stoffes" zu realisieren (Bild 3, Zeile 4). Dazu ist es zweckmäßig, die optisch wirksamen Stoffe

Druckerzeugung



Konstr.-Technik
TH Aachen

Kontrasterzeugung




Ko / 74

113/5

Bild 2: Gliederung der Druckverfahren

Systematik der "Druckverfahren und Druckwerke"

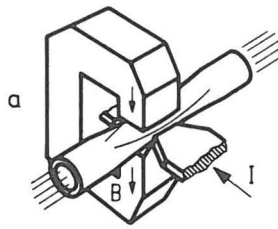
Operation Funktion	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 Erzeugen bzw. Speichern eines optischen Signals	Absorption	Reflexion	Brechung	Interferenz	Lumineszenz	Polarisation	Beugung	(Durchlässigkeit)	u.a.		

Stoffwandelnde Druckverfahren								Stoffverbind. Druckverfahr.			
Stoff wandeln	Mechan. V.	Elektr. V.	Optische V.	Therm. V.	Akust. V.	Chem. V.	Atom. V.				
2 	Stoß Druck Ritzen	Funkenüb. Stromdurchg. Lichtbogen	Photogr. -	Einbrenn.	Ultraschall	Farbumschl. Galvan.	α - Strahlg. β - Strahlg. γ - Strahlg. Ionen-Strahlg.				
3 								Adhäsion	Kohäsion	Verschmelzen	u.a.
4 								Fester Stoff Impuls - (Stoß) Coulomb I Coulomb II Gravitation u.a.	Flüssiger Stoff Gravitation - Biot-Savart- Elektrokin- Dielekt. - Permeabilität Kapillarität Boyle-Mariot Coulomb I Coulomb II Impuls	Gast Stoff 1. Haupts. Osmose Permeab. Coulomb I	Plasma Coulomb I
Beispiele	Mechan. DV Druckempf. P. Gravieren	Elektr. DV Tellur - D	Optische DV Photographie	Therm. DV Thermo - D	Akust. DV	Chem. DV Ätzen	Strahl. DV Mikro - Plotter	Feststoff-DV Farbband - Kohleband - Farbrollen-DV	Flüssigst-DV Inktronik - DW	Gas-DV Aufdampf - V	Plasma-DV

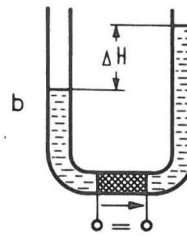
Element/Baugruppe		Gestaltvarianten der Druckwerke							Bemerkungen
5	Typelement	Zahlw. d. Wirkfläche							
		Zahlw. d. Wirkfläche					~		
6	- " -	Formw. d. Wirkfläche							Kegel-, Zylinder, Quader- u. deren Segmente
7	- " -	Lagew. d. Wirkfläche							
8	- " -	Lagew. d. Elements							
9	Druckwerk	Lagew. d. Baugruppe							
10	- " -	Zahlw. d. Baugruppe							

Bild 3: Systematik der Druckverfahren und Druckwerke

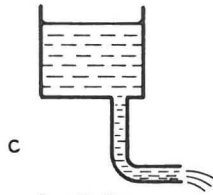
entsprechend ihres Aggregatzustandes in fest-, flüssige- und gasförmige Stoffe sowie in Plasmen zu gliedern. In Bild 3, Zeile 4 sind zu den einzelnen Stoffen noch geeignete Effekte zur Bewegung von Fest-, Flüssigstoffen, gasförmigen Stoffen sowie Plasmen angegeben. Bild 4 zeigt zum besseren Verständnis eine Auswahl von Prinziplösungen zum Transport von flüssigen Stoffen. Im einzelnen beruhen diese Lösungen auf dem Biot-Savart-, Elektrokinetischen-, Gravitations-, Kapillaritäts-, Coulomb I- und Coulomb II-Effekt sowie dem Boyle-Mariotte'schen- und dem Impuls-Effekt. Zum Betrieb einer Pumpe, welche beispielsweise auf dem Boyle-Mariotte'schen-Effekt beruht, braucht man Antriebsenergie. Geht man davon aus, daß hierfür beispielsweise nur elektrische Energie zur Verfügung steht, so findet man für die Elementarfunktion "Wandeln von elektrischer- in Antriebsenergie (Bewegung)" alle Lösungen, indem man nach allen physikalischen Phänomenen oder Ketten von Effekten fragt, welche die Eigenschaft haben, elektrische Energie in Bewegungsenergie umzuwandeln. Eine Auswahl von Effekten bzw. daraus folgender Prinziplösungen für die Operation Wandeln von elektrischer Energie in Bewegungsenergie zeigt Bild 5. Die Prinziplösungen nach Bild 5 entsprechen der Grundoperation "Wandeln von Energie" der Grundoperationsstruktur nach Bild 1 a. Zur Verdeutlichung des Gesagten sind in der Rubrik "Beispiele" einige, entsprechend zugeordnete, bekannte Druckverfahren angegeben. Farbband- und Farbröllendruckverfahren werden - da es sich hierbei um die Aufgabe "Transportieren eines festen Stoffes" handelt - zu den Feststoffverfahren gerechnet.



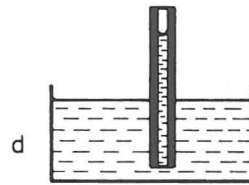
Biot - Savart'scher-E.
(Elektrodyn - Effekt)



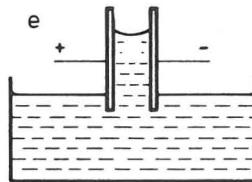
Elektrokinetischer - E.
(Elektroosmose)



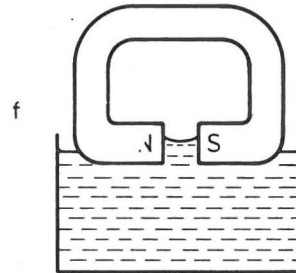
Gravitation



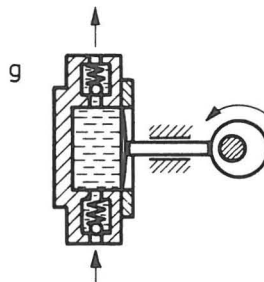
Kapillaritätseffekt



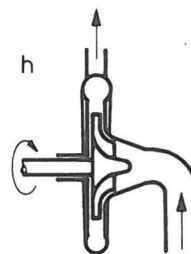
Coulomb I - E.



Coulomb II - E.



Boyle-Mariotte - E.



Impulseffekt

Bild 4: Prinziplösungen für die Elementarfunktion "Verbinden von Stoff und Energie"

Für die stoffwandelnden Druckverfahren kommen grundsätzlich endo- und exotherme physikalisch-chemische Vorgänge in Betracht, welche die optischen Eigenschaften von Datenträgern an der Oberfläche verändern. Eine Nutzung exothermer Vorgänge für Druckverfahren sind dem Verfasser noch nicht bekannt geworden. Für endotherme Vorgänge kann man zur Realisierung der Grundoperation "Stoff-Wandeln" (Bild 1 b) formal davon ausgehen, daß jede bekannte Energieart geeignet ist, optische Eigenschaftsänderungen an der Oberfläche von geeigneten Datenträgern zu bewirken. Es ist folglich zweckmäßig, die verschiedenen Energiearten als ordnende Kriterien der stoffwandelnden Druckverfahren zu verwenden und zu unterstellen, daß es den Chemikern gelingt, zu jeder Energieart den geeigneten sensitiven Datenträger (Papier) zu entwickeln. Entsprechend sind in Zeile 2 des Bildes 3 die verschiedenen Energiearten - ohne Anspruch auf Vollständigkeit - aufgezählt. Es erscheint zweckmäßig, die stoffwandelnden Druckverfahren demnach weiter in mechanische-, elektrische-, optische-, thermische-, akustische-, chemische- und Elementarstrahlungsverfahren zu gliedern. In der Rubrik "Beispiele" sind zur Verdeutlichung des Gesagten einige bekannte Druckverfahren, in entsprechende Spalten eingeordnet, aufgeführt. In den Zeilen 1 und 2 bzw. 3 der so entstandenen "Systematik der Druckverfahren" (Bild 3), stehen Lösungsalternativen für die am linken Rand näher bezeichneten Grundoperationen der Strukturen für stoffwandelnde und stoffverbindende Druckverfahren. Theoretisch ergibt jede Alternative der Zeile 1, kombiniert mit Zeile 2 oder 3 ein Konzept eines Druckverfahrens. Viele dieser theoretisch möglichen Kombinationen führen zu untauglichen Konzepten und können für eine weitere Betrachtung

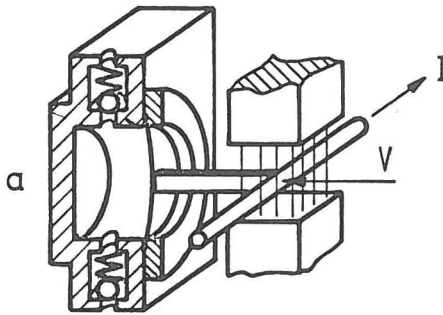
ausgeschieden werden. In der Praxis haben sich bisher fast ausschließlich Absorptionsverfahren eingebürgert, weil diese, im Gegensatz zu anderen optischen Verfahren, für das menschliche Auge am besten erfaßbare optische Kontraste liefern und am einfachsten technisch realisiert werden können. Das Ergebnis des bisher betrachteten Entwicklungsschrittes ist lediglich ein Verfahren zur Erzeugung eines optischen Helligkeits- oder Farbkontrastes. Zur Erzeugung von Schriftzeichen ist es darüber hinaus noch erforderlich, bestimmte geometrische Formen bzw. Schriftzeichen unter Verwendung dieser Kontrasterzeugungsverfahren herzustellen. Die verschiedenen Gestaltungsmöglichkeiten der Kontrasterzeugungswirkfläche führen zu weiteren Unterscheidungsmerkmalen bei Druckwerken. Diese sollen im folgenden Abschnitt noch kurz etwas näher betrachtet werden.

3. Gestaltvariation von Druckwerken

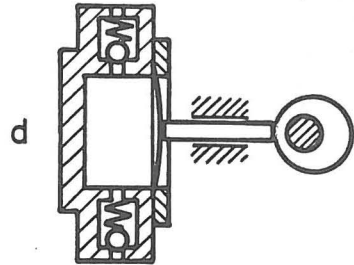
Die Gestalt eines Körpers (Bauelementes) ist eine Funktion der Form, der Lagezuordnung, der Zahl und der Abmessung seiner Oberflächen; die Gestalt einer Baugruppe ist ihrerseits im wesentlichen eine Funktion der Lagezuordnung und der Zahl der sie bildenden Bauelemente [2]. Diese daraus resultierenden allgemein gültigen Regeln zur Gestaltung eines Körpers gelten in gleicher Weise für die systematische Gestaltung von Druckwerken. Um keine falschen Erwartungen zu wecken, sei an dieser Stelle bereits vermerkt, daß man auch durch Anwendung von geeigneten Gestaltungsregeln und dem damit gegebenen systematischen Vorgehen, heute kaum noch vernünftige Druckwerk-Gestaltvarianten finden kann, an welche nicht irgendwo bereits gedacht worden wäre; das liegt daran, daß sich seit mehreren Generationen welt-

weit Konstrukteure in den verschiedenen Firmen intensiv bemühen, neue Druckwerke zu finden und zu realisieren und man auch durch intuitives Vorgehen - wenn man es nur genügend lange betreibt - letztlich so ziemlich alle vernünftigen Lösungen für ein bestimmtes Problem findet. Man kann nachträglich mit Hilfe dieser Gestaltungsregeln sehr leicht feststellen, daß die meisten für die Praxis wichtigen Bauformen gefunden wurden; zwar kann man theoretisch noch eine Reihe weiterer Bauformen angeben, diese sind aber - von Einzelfällen abgesehen - entweder überhaupt nicht praktikabel oder führen zu sehr ungünstigen Lösungen.

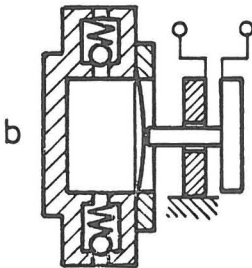
Neben der Möglichkeit, mit diesen Regeln systematisch Gestaltvarianten von Druckwerken zu entwickeln, eignen sich diese sehr gut als Ordungskriterien für die bekannten Druckwerksbauformen. So ist hier, angewandt auf Druckwerke, unter einem Zahlwechsel der Wirkfläche die Zahl von Einzelementen zu verstehen, welche zum Abdrucken eines bestimmten Zeichenvorrats notwendig sind. Ein voll integrierter Typenkopf (Bild 3, Zeile 5, Spalte 1) hat demnach nur eine Wirkfläche. (Der rechts daneben dargestellte Typenkopf, welcher aus einzelnen Zylinderscheiben bestehen soll, oder die zweifach bzw. einfach belegten Typenhebel (Zeile 5), bestehen dagegen aus mehreren Wirkflächen. Die Form der Wirkflächen kann kugel-, zylinder-, quader-, kegel- oder andersförmig sein (Bild 3, Zeile 6). Die typenerzeugende Fläche kann auf einem Körper gegebenenfalls noch verschiedene diskrete Lagen haben, wie das Zeile 7 (Bild 3) für einen Zylinder zeigt. Das Typenelement selbst kann noch verschiedene diskrete Lagen zum übrigen System



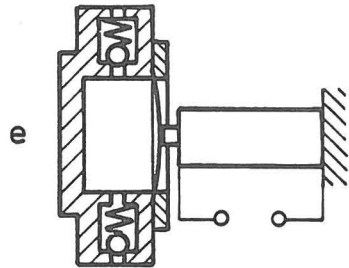
Biot-Savart - E.



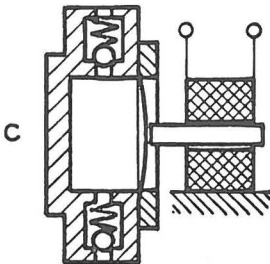
Keil - E.



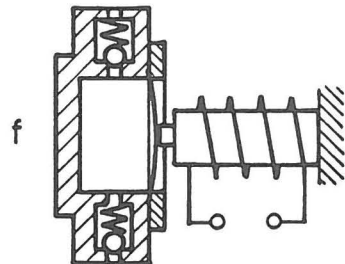
Coulomb I. - E.



Elektrostriktions - E.



Coulomb II. - E.



Magnetostruktions - E.

Konst.-Technik
TH Aachen

Elektr. Pumpenantrieb (Effekt-/Prinzipvariation)

Ko/74

112/86

Bild 5: Prinziplösungen für die Elementarfunktion "Wandeln von elektrischer Energie in Bewegungsenergie"

einnehmen (Zeile 8). Ferner können die einzelnen Baugruppen (Hammer, Typenträger, Farbzuführung) bezüglich des Datenträgers (Papier) verschiedene Lagezuordnungen haben (Zeile 9, Front-, Backdrucker u.a.). Schließlich kann die Baugruppe "Druckwerk" in einem System einmal oder mehrmals vorkommen (Zeile 10; Zahlwechsel bezüglich der Baugruppe).

Nach diesen Ausführungen ergibt sich eine Kombinationssystematik für Druckverfahren und Druckwerke, wie sie Bild 3 zusammenhängend zeigt.

Rein formal erhält man jeweils ein Konzept für ein Druckwerk durch Kombination einer Alternativlösung aus Zeile 1 mit Zeile 2 (Stoffwandelnde Druckverfahren) oder Zeile 3 und 4 (Stoffverbindende Druckverfahren) mit jeweils einer Gestaltungsalternative aus den Zeilen 5 bis 10. Welche der theoretisch möglichen Kombinationen für die Praxis sinnvoll sind, muß von Fall zu Fall geprüft werden. Da Kombinationen, welche zu bereits bekannten Druckwerken führen, hier nicht weiter interessant sind und man andererseits neue interessante Konzepte aus verschiedenen Gründen nicht veröffentlichen würde, soll hier auf die Durchführung von Kombinationsbeispielen verzichtet und dem Leser überlassen werden, dies zu tun.

Abschließend ergeben sich somit folgende ordnende Kriterien für Druckverfahren, und zwar nach der Art

- des optischen Effektes zur Kontrasterzeugung
- des Verfahrens, d. h.
im einzelnen der Energieart zur Stoffwandlung

bei stoffwandelnden Druckverfahren bzw. des Effektes zur Verbindung von Stoffen sowie des Effektes zur Beaufschlagung (verbinden) von Stoff mit Energie, für den Fall stoffverbindender Druckverfahren

- der Zahl der einen Typenvorrat bildenden Einzelelemente bzw. der Zahl der ein Zeichen generierenden Punktelemente
- der Form des Typenträgers¹⁾
- der Relativlage der Typen, bezogen auf den Typenträger¹⁾
- der Relativlage der Achse des Typenträgers, bezogen auf das übrige System¹⁾
- der Relativlage des Typenträgers und des Druckhammers, bezogen auf den Datenträger (Papier)¹⁾
- der Zahl der zu einem System zusammengefaßten Druckwerke.





In Bild 6 ist dieser Sachverhalt nochmals übersichtlich und zusammenfassend dargestellt













Ordnungskriterien von Druckwerken

Optischer Effekt zur Kontrasterzeugung	Absorption	Reflexion	Brechung	Interferenz	Lumineszenz	Polarisation	Beugung	u.a.
--	------------	-----------	----------	-------------	-------------	--------------	---------	------

Verfahren	Stoffwandelnde Druckverfahren						
Energieart	Mechan E	Elektr E	Optische E	Therm E	Akust E	Chem E	Atom E
Effekte zum Wandeln von Stoff	Stoff Druck Reizen	Funkensub Stramdurchg Lichtbogen	Photogr -	Einbrenn	Ultraschall	Farbumschl Galvan	α -Strahlng β -Strahlng γ -Strahlng Ionen-Strahlng

Stoffverbindende Druckverfahren							Verfahren
Adhasion	Kohasion	Verschmelzen	u a				Effekte zum Verbinden von Stoffen
Fester Stoff Impuls - (Stoff) Coulomb I Coulomb II Gravitation u a	Flüssig Stoff Gravitation Blut-Savart Elektrokin - Dielekt - Permeabilität u a	Gasl Stoff 1 Haupts Osmose Permeab Coulomb I	Plasma Coulomb I				Effekte zum Verbinden von Energie u. Stoff

Zahl der Punktelemente	∞	0	...	~							Zahl der Typenelemente
------------------------	---	---	-----	---	--	---	---	---	---	--	------------------------

Form des Typenträgers				
Lage der Typen auf dem Typenträger				
Lage des Typenträgers zum übrigen System				
Relativlage Typenträger Druckhammer				



Zahl der Druckwerke eines Systems				
-----------------------------------	--	--	--	--

Bild 6:

Literaturverzeichnis

- 1 Koller, R.: Physikalische Grundfunktionen zur Konzeption technischer Systeme, Industrie-Anzeiger Nr. 17 (Heft 2), Verlag W. Giradet, Essen
- 2 Koller, R.: Eine algorithmisch-physikalisch orientierte Konstruktionsmethodik
Teil 1: Aufgabenanalyse
VDI-Z 115 (Heft 2), Febr. 1973
Teil 2: Qualitative Konstruktion; von der Effektvariation bis zur Darstellung der Prinziplösung
VDI-Z 115 (Heft 4), März 1973
Teil 3: Qualitative Konstruktion Gestaltvariieren und Kombinieren
VDI-Z 115 (Heft 10), Juli 1973
Teil 4: Qualitative Konstruktion" Entwerfen
VDI-Z 115 (Heft 13), Sept. 1973

Einführung in die informationstheoretischen Grundlagen der Drucktechnik

Prof. Dipl.-Ing. K. R. Scheuter
Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren
der Technischen Hochschule Darmstadt

Die Aufgabe eines drucktechnischen Systemes besteht darin, aus einer Vorlage eine Reproduktion in der gewünschten Auflagengröße zu erzeugen. Kennzeichnend für den Prozeß, der dabei durchlaufen werden muß, ist die Tatsache, daß von der Vorlage, die selbst ein Bild darstellt, vorerst ein neues Bild hergestellt wird, dann von diesem wieder ein neues Bild und so weiter bis vorerst die Druckform als Abbild der Vorlage vorliegt. Auch diese wird nun wieder abgebildet, so daß endlich ein Druckprodukt vorliegt. Auf diesem Weg verändert sich die Gestalt der Vorlage in mannigfacher Weise. Aus Positiven werden Negative, aus diesen z.B. wieder Rasterpositive. In anderen Fällen entsteht aus einem Bild eine zeitliche Folge von elektrischen Signalen und aus diesen schließlich wieder mittels entsprechend moduliertem Licht ein Bild. Die Vorlage tritt also immer in neuer Gestalt auf.

Während all dieser Gestaltsänderungen sollte sich jedoch die in der Vorlage gespeicherte Information nicht verändern, d.h. das Druckprodukt soll die und nur die Information enthalten, welche in der Vorlage gespeichert ist. Mit anderen Worten wird verlangt, daß

- 1) beim Ablauf des Prozesses keine Information verloren geht und
- 2) keine falsche Information in den Prozeß einfließt, welche dann in der Reproduktion als unerwünschte, nicht aus der Vorlage stammende Information erscheint.

Ein realer Prozeß wird diese Bedingungen nicht erfüllen. So drängt sich die Frage auf, wie weit er sie erfüllt. Die Vermutung liegt nahe, daß die Informationstheorie Antworten auf diese Fragen bereit hält. Diese Vorstellung hat das IDD vor Jahren bewogen, sich dieses Wissenszweiges anzunehmen.

Vorneweg mußte man sich mit dem Maß der Information beschäftigen.

Eine Information entsteht durch das Auftreten einer räumlichen oder zeitlichen Folge von Signalen, welche voneinander unterscheidbar sind. Allgemein werden solche Signale auch als Ereignisse bezeichnet. Claude E. Shannon erkannte 1948, daß die Seltenheit des Auftretens eines bestimmten Ereignisses in einem Ereignisraum maßgeblich für einen Beitrag zur Information ist. Ist die relative Häufigkeit des Auftretens eines Ereignisses x_i

$$0 \leq p(x_i) \leq 1$$

dann ist die Seltenheit durch den Kehrwert

$$\frac{1}{p(x_i)}$$

definiert.

Der Informationsbeitrag eines Ereignisses ist deshalb

$$I(x_i) = f\left(\frac{1}{p(x_i)}\right) \quad (1)$$

Betrachtet man ein Ereignis $x_i=A$ und ein davon unabhängiges Ereignis $x_j=B$, dann wird sinnvoller Weise verlangt, daß die Information beider Ereignisse gleich der Summe der Information jedes Er-

eignisses sei, also

$$\begin{aligned} I(A, B) &= I(A) + I(B) \\ &= f\left(\frac{1}{p(A)}\right) + f\left(\frac{1}{p(B)}\right) \end{aligned} \quad (2)$$

Nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitstheorie gilt für die Seltenheit des Auftretens zweier voneinander unabhängiger Ereignisse

$$\frac{1}{p(A, B)} = \frac{1}{p(A)} \cdot \frac{1}{p(B)} \quad (3)$$

und damit

$$\begin{aligned} I(A, B) &= f\left(\frac{1}{p(A, B)}\right) = f\left(\frac{1}{p(A)} \cdot \frac{1}{p(B)}\right) \\ & \quad (2.1) \end{aligned}$$

Dieser Ansatz wird erfüllt, wenn

$$I(x_i) = K \cdot \log_a \frac{1}{p(x_i)} \quad (4)$$

gewählt wird.

Um die Einheit der Information festzulegen, mußte eine Wahl für die Konstante K und die Basis a des Logarithmus getroffen werden. Shannon entschied sich folgendermaßen: Die Einheit der Information soll dann entstehen, wenn auf eine Frage gleichermaßen mit Ja oder Nein geantwortet werden kann. In diesem Falle ist die Wahrscheinlichkeit für das Ja und das Nein gleich groß, nämlich $p(x_i) = 0,5$. Die Einheit sollte "bit" (aus "binary digit" zusammengezogen) heißen.

Daraus ergab sich

$$I(x_i) = \log_2 \frac{1}{p(x_i)} = \text{ld} \frac{1}{p(x_i)} \\ = -\text{ld} p(x_i) \quad [\text{bit}] \quad (4.1)$$

Die Information eines Ereignisraumes von N Ereignissen wird durch Summierung aller $I(x_i)$ gewonnen. Es ergibt sich

$$H_{\text{ges}} = \sum I(x_i) = N \sum p(x_i) \cdot \text{ld} \frac{1}{p(x_i)} \quad [\text{bit}] \quad (5)$$

Da die Zahl N der Ereignisse von Vorlagen usw. sehr groß ist, wird es oft als bequemer betrachtet, mit dem Mittelwert der Information

$$H = \frac{H_{\text{ges}}}{N} = \sum p(x_i) \cdot \text{ld} \frac{1}{p(x_i)} \quad \left[\frac{\text{bit}}{\text{Ereignis}} \right] \quad (6)$$

zu rechnen.

In diesen Definitionsgleichungen treten die Ereignisse x_i selbst nicht auf, sondern nur ihre relativen Häufigkeiten $p(x_i)$. Damit diese bestimmbar werden, sind die Ereignisse natürlich eindeutig zu definieren. Im Falle der Drucktechnik sind die Ereignisräume immer Bilder, die visuell betrachtet werden. Die Ereignisse selbst sind allgemein gesprochen Farbreize, welche von Teilflächen des Bildes ausgehen.

Die Leistungsfähigkeit des Auges ist nur hinsichtlich der Auflösung von Flächen und von Farbreizen beschränkt. Allgemein anerkannte Zahlen dafür liegen nicht vor. Für einen mittleren Beobachter dürften folgende Angaben gelten:

- kleinste auflösbare Fläche ca. $\frac{1}{4000}\text{cm}^2$
entsprechend einer Rasterlinienzahl
rz=64 Linien/cm
- Anzahl der unterscheidbaren Farbreize ca. 10^6
- Anzahl der unterscheidbaren Grautöne ca. 100 bei
Tageslichtsehen

Drucktechnische Ereignisse sind also unterscheidbare Farbreize oder Grautöne, welche von Flächenelementen von $\frac{1}{4000}\text{cm}^2$ ausgehen.

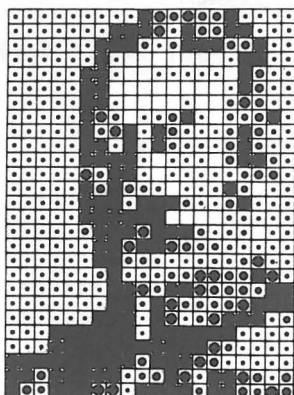
Soll nun die Information eines Bildes bestimmt werden, dann wird eine Matrix der Rasterlinienzahl rz=64 Linien/cm über das Bild gelegt und dann die von den Teilflächen ausgehenden unterscheidbaren Farbreize bestimmt.

Durch Auszählen gewinnt man die Häufigkeiten der unterscheidbaren Farbreize x_i und durch Division mit N die relative Häufigkeit $p(x_i)$. Damit kann die Information des Bildes berechnet werden. Ein Beispiel dafür gibt Abb. 1.

Führt man diese Informationsbestimmung für eine Vorlage und für eine daraus gewonnene Reproduktion durch, dann findet man vorzugsweise, daß die Information $H(x)$ der Vorlage und die Information der Reproduktion $H(y)$ ungleich sind. Allgemein gilt

$$H(x) \neq H(y)$$

Beispiel für die Berechnung der Information eines Bildes



1	1	1	1	1	1	1	1	6	5	4	5	4	6	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	6	7	6	5	2	6	4	6	6	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	6	7	3	1	3	6	6	4	4	6	1	1	1	1	1
1	1	1	1	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	7	7	1	1	1	1
1	1	1	6	6	1	0	0	1	1	1	1	1	0	7	4	1	1	1	1
1	1	1	7	6	0	0	0	0	0	0	0	1	6	4	1	1	1	1	1
1	1	1	7	6	1	0	0	0	0	1	0	3	5	4	1	1	1	1	1
1	1	1	7	6	5	3	0	1	2	4	6	1	0	3	3	4	6	1	1
1	1	1	7	3	5	7	1	6	4	2	1	3	6	4	2	1	1	1	1
1	1	1	7	6	1	7	1	6	3	2	2	1	4	6	3	1	1	1	1
1	1	1	6	6	6	1	0	1	1	1	0	4	6	6	3	1	1	1	1
1	1	1	5	3	6	6	1	0	1	1	1	1	2	3	4	4	1	1	1
1	1	1	6	4	7	4	3	2	0	1	1	2	6	3	0	1	1	1	1
1	1	1	6	7	2	7	6	3	1	1	4	6	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	6	7	6	7	7	0	0	0	2	2	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	3	6	7	6	5	7	6	7	3	1	2	2	0	1	1	1	1
1	1	1	6	7	5	7	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	7	7	3	3	2	1	1	2	2	2	3	5	1	1	1	1	1
1	1	1	3	7	2	2	2	3	3	5	5	4	4	7	5	1	1	1	1
1	1	1	1	7	6	5	3	6	7	5	4	4	4	3	7	6	1	1	1
1	1	1	1	7	7	2	7	5	3	3	3	4	5	7	7	7	1	1	1
1	1	1	1	7	7	6	1	7	5	3	3	5	6	6	1	3	1	1	1
1	1	7	7	7	7	7	1	7	7	7	7	7	1	1	1	1	1	1	1
1	1	6	7	7	7	7	6	7	7	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1
6	7	7	7	7	6	4	7	6	5	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	4	6	7	6	6	2	4	1	5	2	6	5	4	1	4	1	1	1	1
7	4	3	7	7	5	1	6	7	6	3	6	6	4	3	5	4	1	1	1

Ereignis X (Punktgröße)	Auftretens- häufigkeit i	$p(x_i)$ $= \frac{1}{N}$	$\lg \frac{1}{p(x_i)}$	$p(x_i) \cdot \lg \frac{1}{p(x_i)}$
0	36	0,0667	3,9062	0,26054
1	227	0,4205	1,2498	0,52555
2	25	0,0463	4,4328	0,20524
3	36	0,0667	3,9062	0,26054
4	37	0,0685	3,8677	0,26494
5	26	0,0481	4,3778	0,21057
6	69	0,1279	2,9669	0,37947
7	84	0,1553	2,6869	0,41727
N= 540		1,0000	H = 2,52412 [bit/Ereignis]	
			$= \sum_{i=0}^7 p(x_i) \lg \frac{1}{p(x_i)}$	

Da jedem auftretenden Ereignis ein Planquadrat des Nyquist-Netzes entspricht und diese gleichzeitig Bildelemente sind, können wir die Information auch auf die Bildelemente beziehen und schreiben

$$H = 2,52412 \left[\text{bit/Bildelement} \right].$$

(Neidhardt, P. "Informationstheorie und automatische Informationsverarbeitung", Berliner Union, 1964)

Abb.1

Die Begründung dafür findet sich darin, daß der Prozeß der Informationsübertragung einerseits mit Verlusten behaftet ist und daß andererseits durch Rauschen wieder Information in den Prozeß einfließt, die sich in der Reproduktion als irrelevante, unerwünschte Information niederschlägt. Es entsteht also folgendes Flußbild.

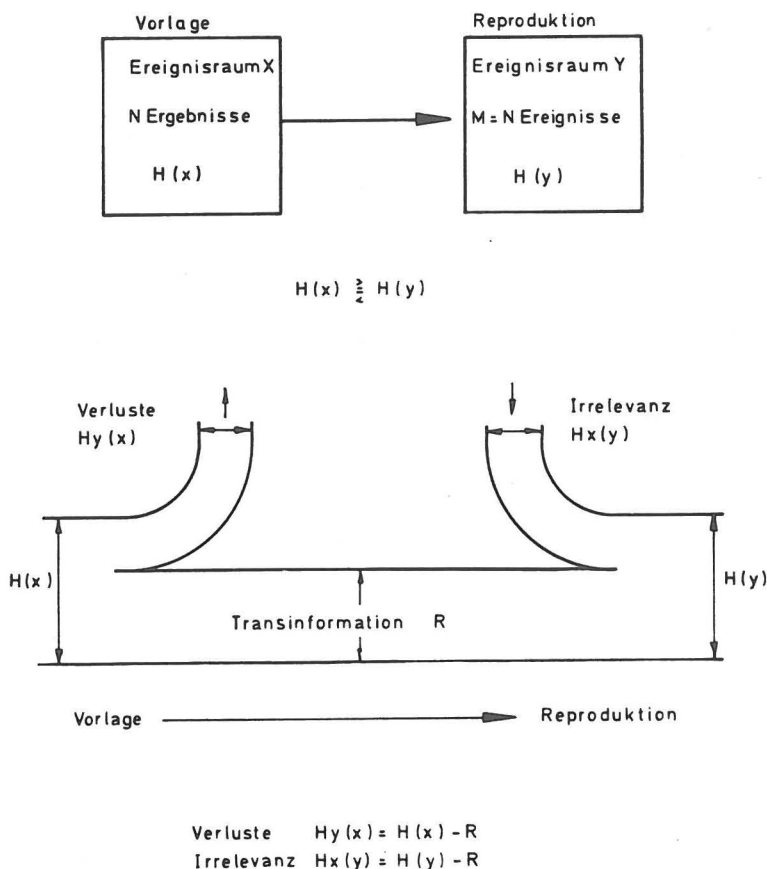


Abb. 2

Die Transinformation R ist jener Anteil der Information der Reproduktion, welcher aus der Vorlage stammt und nach dem schließlich gefragt wird.

Ist R neben $H(x)$ und $H(y)$ bekannt, dann ist das Flußbild bestimmt, denn es ist

$$H_y(x) = H(x) - R \quad (7)$$

und

$$H_x(y) = H(y) - R \quad (8)$$

Zur Bestimmung der Transinformation R müssen alle Übergänge der Ereignisse x_i der Vorlage in die Ereignisse y_i der Reproduktion herangezogen werden.

Betrachtet man z.B. die Übergänge aller unter sich gleichen Ereignisse $x_i = A$ der Vorlage, dann stellt man folgendes fest

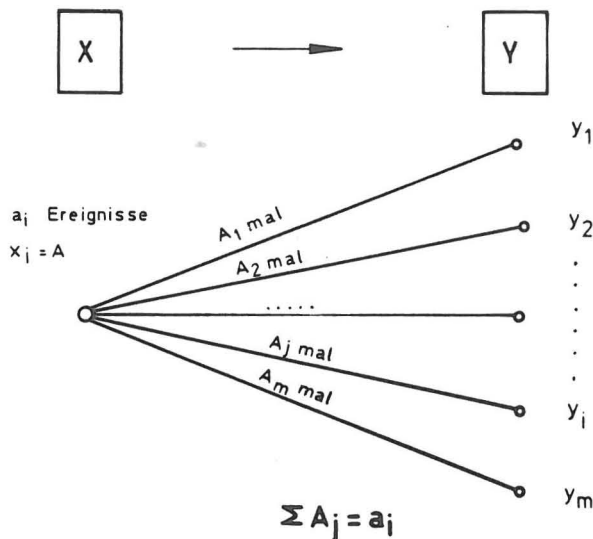


Abb. 3

Die unter sich gleichen Ereignisse $x_i = A$ gehen in unterscheidbare Ereignisse y_j über. Die relative Übergangshäufigkeit ist jeweils

$$p_{xi}(y_j) = \frac{A_j}{a_i} \quad (9)$$

Multipliziert man diese mit der jeweiligen relativen Auftretenshäufigkeit $p(x_i)$ der Ereignisse x_i in der Vorlage, so erhält man die relative Häufigkeit für das gemeinsame Auftreten zweier Ereignisse in einander zugeordneten Bildelementen von Vorlage und Reproduktion, die Verbundhäufigkeit

$$p(x_i, y_j) = p(x_i) \cdot p_{xi}(y_j) \quad (10)$$

Ist die Zahl der unterscheidbaren Ereignisse in der Vorlage und in Reproduktion gleich der Zahl der von einem mittleren Beobachter auflösbaren Ereignisse, so ergibt sich eine sehr große Zahl von $p(x_i, y_j)$ -Werten, welche bequemerweise in Form einer Matrix dargestellt werden. Glücklicherweise liegt es in der Natur der drucktechnischen Prozesse, daß bei weitem nicht alle denkbaren Übergänge auftreten und deshalb eine große Zahl der Werte der Verbundhäufigkeit zu Null wird. Ungeachtet dessen ist ein Rechenaufwand erforderlich, der nur mit Rechnern mit großer Speicherkapazität erbracht werden kann.

Setzt man die Verbundhäufigkeiten $p(x, y)$ in die Definitionsgleichung des Mittelwertes der Information ein, so erhält man die Summe aller Informationen (Verbundinformation), welche durch das Vorhandensein einer Vorlage und des Prozeßablaufes entstanden ist, nämlich

$$H(x,y) = \sum_i \sum_j p(x_i, y_j) \cdot \lg \frac{1}{p(x_i, y_j)} \left[\frac{\text{bit}}{\text{Ereignis}} \right] \quad (11)$$

Ein Blick auf das Informationsflußdiagramm

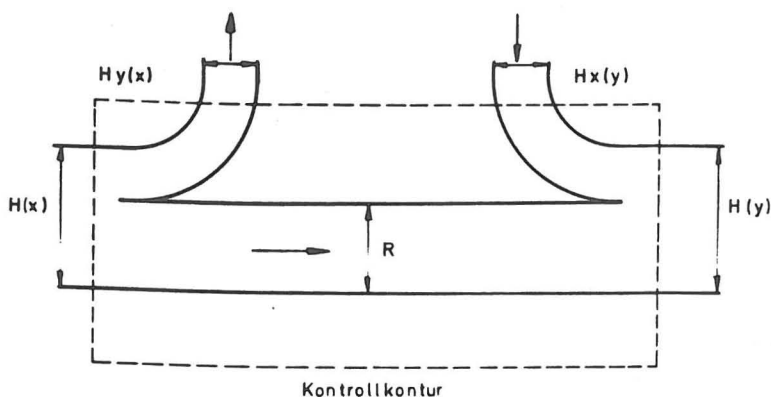


Abb. 4

zeigt, daß

$$\begin{aligned} H(x,y) &= H(y) + H_y(x) \\ &= R + H_x(y) + H_y(x) \end{aligned} \quad (12)$$

Addiert man auf beiden Seiten R, so erhält man

$$\begin{aligned} H(x,y) + R &= R + H_x(y) + R + H_y(x) \\ &= H(y) + H(x) \end{aligned} \quad (12.1)$$

und daraus schließlich die Transinformation

$$R = H(x) + H(y) - H(x,y) \quad (13)$$

Durch mathematische Umformung gewinnt man den einfacheren Ausdruck

$$R = \sum \sum p(x_i, y_j) \cdot \lg \frac{p(x_i, y_j)}{p(x_i) \cdot p(y_j)} \left[\frac{\text{bit}}{\text{Ereignis}} \right] \quad (13.1)$$

Damit sind nun alle Teilströme des Informationsflußdiagrammes und dieses selbst bekannt.

Ein Ingenieur, der sich mit Energieprozessen beschäftigt, weiß, daß er den Wirkungsgrad eines Prozesses sofort bestimmen kann, wenn er das Energieflußdiagramm vor sich hat. Betrachtet man das Informationsflußdiagramm, dann gerät man in Versuchung, sofort eine Güteziffer des informationsübertragenden Prozesses zu definieren. Man weiß, daß die Transinformation R als Anteil der Information der Reproduktion, welche aus der Vorlage stammt, den Nutzen darstellt und man glaubt leicht, daß man auch den Aufwand aus dem Informationsflußdiagramm ablesen kann. Dies stellt sich jedoch rasch als Irrtum heraus. Man muß weiter ausholen, wenn man eine Prozeßgüteziffer ermitteln will.

Bereits Shannon hatte erkannt, daß die Definitionsgleichung der Information

$$I(x) = K \cdot \log_a \frac{1}{p(x_i)} = -K \cdot \log_a p(x_i) \quad (4)$$

bis auf das Vorzeichen mit der Boltzmann'schen Definition der Entropie

$$S = K \ln p(x_i) \quad (14)$$

wobei hier $p(x_i)$ die Zustandswahrscheinlichkeit ist, übereinstimmt.

Erkennt man, daß Energie aufgewendet werden muß, um einen Ereignisraum mit Information zu versehen (z.B. ist das Aufbringen von Druckfarben auf einen Bedruckstoff sicher mit Arbeit verbunden), dann vermutet man, daß hier nicht nur ein formaler, sondern ein physikalischer Zusammenhang besteht. Der Beweis dafür darf als erbracht gelten, so daß

$$S = -I(x_i) \quad (15)$$

gilt, wenn beide Größen im gleichen Maßsystem angeschrieben werden. Dies ist leicht möglich, wenn man in die Definitionsgleichung für die Information die Boltzmann'sche Zahl $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Joule}}{\text{K}}$

und für die Basis des Logarithmus $a=e$ setzt.

Das bedeutet, daß ein informationsübertragender Prozeß immer auch ein thermodynamischer Prozeß ist. Und dies bedeutet schließlich, daß alle Zusammenhänge, die mittels des Entropiebegriffes darstellbar sind, auch dann gültig bleiben, wenn man die Entropien durch entsprechende Informationen ersetzt.

Im Falle drucktechnischer Systeme sind die Verhältnisse besonders einfach, da alle Vorrichtungen praktisch bei Raumtemperatur vollzogen werden, also isotherme Prozesse vorliegen. Zwischen den Energien bzw. ihren Wärmeäquivalenten und den Entropien besteht der einfache Zusammenhang

$$\Delta S = \frac{Q_2 - Q_1}{T} \left[\frac{\text{Joule}}{\text{K}} \right] \quad (16)$$

Es bietet nun keine Schwierigkeit, alle Energien, welche für die Übertragung der Information not-

wendig sind, aufzulisten, die Wärmebilanz aufzustellen und die Energieflußdiagramme zu zeichnen und schließlich den Prozeßwirkungsgrad anzuschreiben. Im Zähler und Nenner dieses Ausdruckes stehen Energien bzw. ihre Wärmeequivalente. Multipliziert man Zähler und Nenner mit der Temperatur T , dann verwandeln sich diese in Entropien, die schließlich durch Informationen ersetzt werden dürfen.

Man erhält auf diese Weise folgenden Ausdruck für den Prozeßwirkungsgrad

$$\zeta = \frac{H_0 + R}{H_0 + R + H_x(y) + H_y(x)} \quad (17)$$

Hier tritt nun eine neue Größe, nämlich H_0 , auf. Ihr entspricht die Entropie bzw. die Energie, welche zur Bereitstellung des informationsfreien Ereignisraumes y , d.h. praktisch ausgedrückt zur Bereitstellung des Papierweiß der Reproduktion erforderlich ist. H_0 kann dem Bedürfnis entsprechend frei gewählt werden.

Bei der Diskussion des Wirkungsgrades stellt man folgendes fest

- 1) Es wird $\zeta = 1$, wenn $H_x(y) = H_y(x) = 0$, also wenn weder Verluste noch Irrelevanz auftritt. Es ist somit $H(x) = H(y) = R$. Vorlage und Reproduktion sind identisch.
- 2) Es strebt $\zeta \rightarrow 0$, wenn $H_x(y) + H_y(x) \gg R$. Dies bedeutet, daß die aus der Vorlage stammende Information der Reproduktion sehr klein ist, die Reproduktion also sehr schlecht ist.

Daraus ergibt sich nun zwangslos, daß der Prozeßwirkungsgrad gleichbedeutend mit dem Gütegrad der Übertragung ist, also

$$\text{Gütegrad} \quad q = \frac{H_0 + R}{H_0 + R + H_x(y) + H_y(x)} \quad (17.1)$$

Dieses Ergebnis informationstheoretischer Überlegungen gewinnt seine volle Bedeutung erst dann, wenn nachgewiesen werden kann, daß der Gütegrad q , der objektiv gemessen werden kann, übereinstimmt mit der subjektiven Güteempfindung eines mittleren Beobachters. Eine totale Übereinstimmung kann für einen einzelnen, subjektiven Beobachter nicht erwartet werden, weil er, insbesondere bei geringen Güteunterschieden, in der Beurteilung unsicher sein kann. Es ist also eine genügend große Anzahl von Experimenten notwendig, damit verbindliche Schlüsse gezogen werden können.

Ein Beobachter, welcher eine Vorlage und eine Anzahl davon erzeugter Reproduktionen vor sich hat, ist natürlich nicht in der Lage, einen zahlenmäßigen Grad der Übereinstimmung anzugeben. Er kann jedoch jeweils unterscheiden, welche von zwei Reproduktionen besser mit der Vorlage übereinstimmt. Wenn er den paarweisen Vergleich mit allen Reproduktionen systematisch durchführt, dann kann er schließlich die Reproduktionen in eine Gütereihenfolge bringen. Beim Vergleich zweier Reproduktionen mit der Vorlage mußte der Beobachter eine der Reproduktionen bevorzugen.

Offenbar mußte er die von ihm als Beste erkannte Reproduktion am häufigsten vorziehen. Alle anderen wurden weniger oft bevorzugt, die schlechteste nie oder nur höchst selten. Die Häufigkeit der Bevorzugungen ist demnach ebenfalls ein Maß für die subjektiv empfundene Güte der Übereinstimmung mit der Vorlage. Die Häufigkeit der Bevorzugungen eignet sich damit zum Vergleich mit dem objektiv ermittelten Gütegrad q . Eine hohe Häufigkeit der Bevorzugungen muß mit einem hohen Gütegrad q übereinstimmen und umgekehrt, wenn Übereinstimmung zwischen der objektiven und der subjektiven Gütebeurteilung vorliegt.

Die Abb. 5/6/7 zeigen einige Ergebnisse von solchen Vergleichsexperimenten.

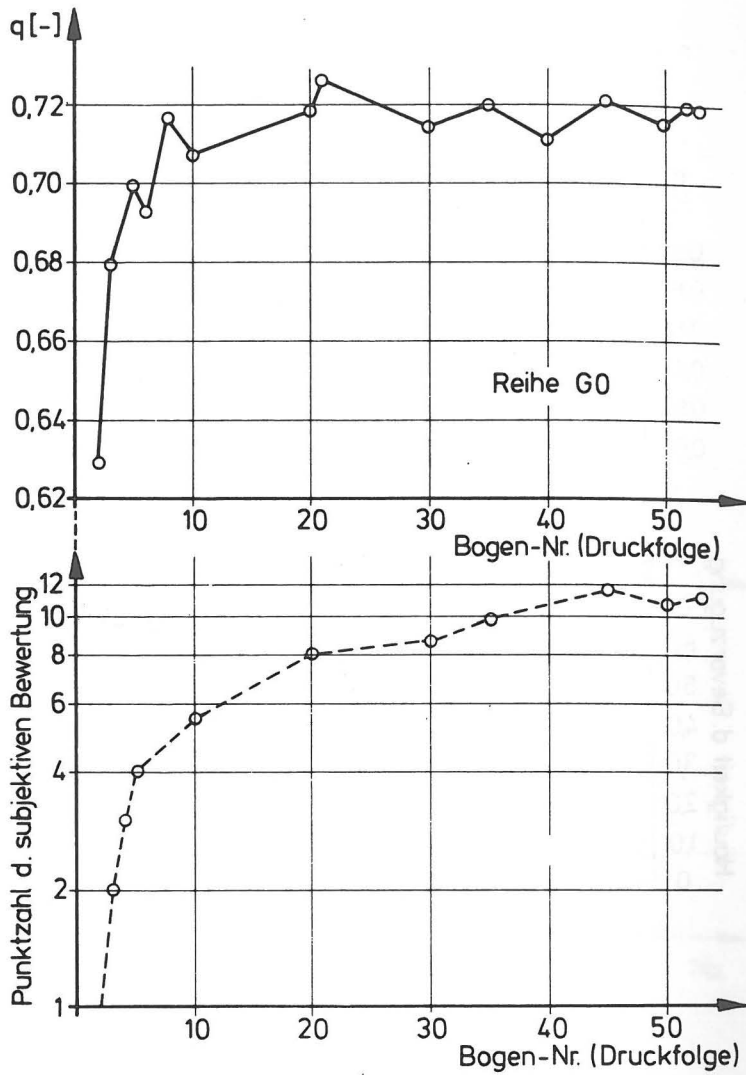


Abb. 5

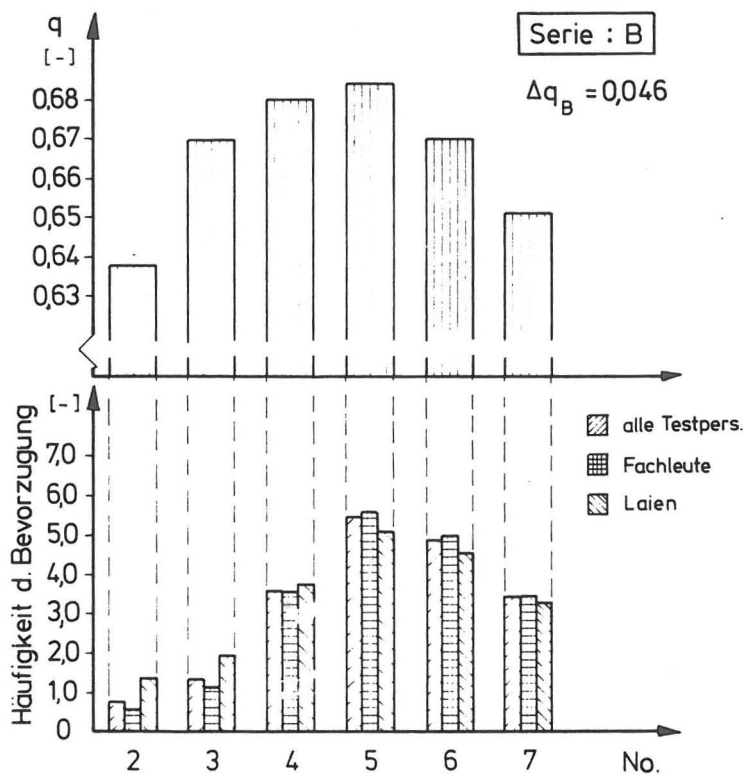


Abb. 6

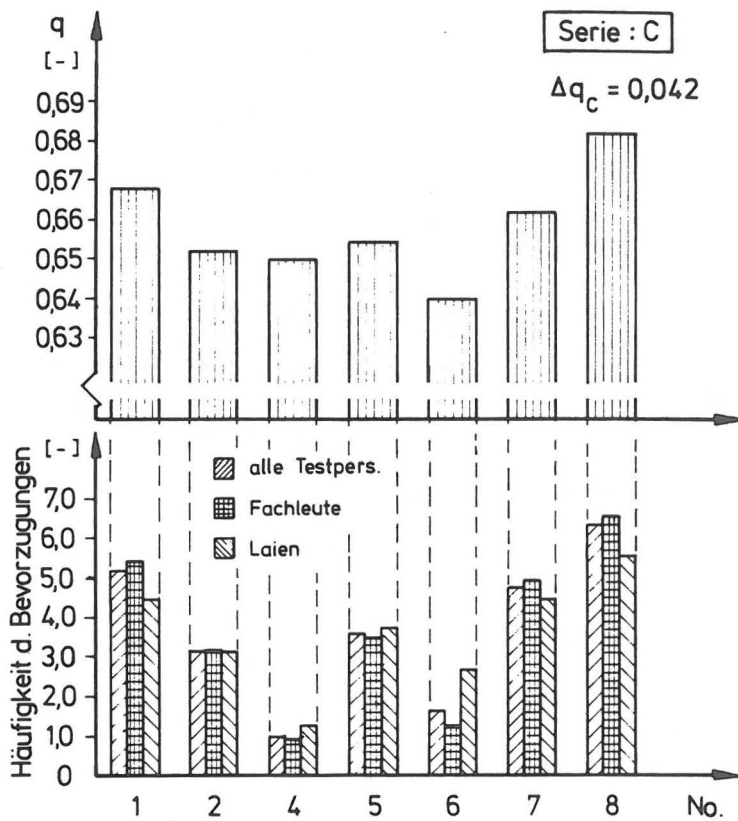


Abb. 7

Man kann sofort erkennen, daß eine gewisse Übereinstimmung vorliegt. Die Aussagekraft dieses ersten Eindruckes muß jedoch durch den statistischen Test gesichert werden. Das Ergebnis aller Versuche und der statistischen Tests läßt folgenden Schluß zu:

Die subjektive Beurteilung der Güte der Übereinstimmung zwischen Reproduktion und Vorlage, d.h. der Güte der Übertragung, entspricht der objektiven Beurteilung mittels der informationstheoretisch gewonnenen Übertragungsgüte q .

Einschränkend muß festgestellt werden, daß der strenge Beweis vorerst nur für Schwarz-Weiß-Bilder vorliegt. Es liegt jedoch kein begründeter Anlaß vor zu zweifeln, daß der strenge Beweis auch für bunte Bilder erbracht werden kann.

Der Versuch, die Informationstheorie auf die Drucktechnik anzuwenden, hat zur Definition einer objektiven Güteziffer der Informationsübertragung geführt, deren Übereinstimmung mit der subjektiven Beurteilung vorerst im Bereiche des Schwarz-Weiß-Druckes gezeigt werden konnte.

Die objektive Gütebeurteilung ist selbstverständlich nicht beschränkt auf Vorlage und Druckprodukt. Sie ist ebenso geeignet für die Gütebeurteilung aller Zwischenschritte eines Druckverfahrens. Vorlage kann beispielsweise ein Halbtonpositiv und Reproduktion das daraus entstandene Rasternegativ sein.

Deshalb ist die objektive Druckgüte q in der Lage, dem Druckingenieur die genau gleichen Dienste anzubieten, wie der mechanische oder thermodynamische Wirkungsgrad sie dem Ingenieur des allg. Maschinenbaus bietet.

Aufgrund der Herleitung darf zudem festgestellt werden, daß alle dargelegten Überlegungen für alle denkbaren Prozesse der Informationsübertragung, nicht nur der drucktechnischen, gültig sind.

Sachbearbeiter:

Dr.-Ing. Klaus Wolf (bis 1969)
Dipl.-Ing. Roland Hradezky (ab 1971)

Funktion, Technologie und Leistungsgrenzen der Elektrografie

Dr. R.H. Epping, Physik elektrografischer
Systeme, Neufahrn

Unter dem Oberbegriff Elektrografie sollen sämtliche Verfahren zusammengefaßt werden, bei denen elektrische Felder maßgeblich an der Bilddifferenzierung und/oder Bildübertragung beteiligt sind. Somit gehören z.B. die elektrofotografischen, -thermografischen, -statografischen, -konduktografischen sowie elektrografischen Faksimile-Verfahren hierzu. Ob man die sogenannten Ink-Jet-Verfahren (auch Farbspritz-Verfahren genannt) hinzurechnen soll, ist strittig (Abb. 1).

Prinzipieller Verfahrensablauf

Da die elektrofotografischen Verfahren auf dem Markt die größte Bedeutung haben, soll deren Prozeßablauf in allgemeiner Form zunächst beschrieben werden (Abb. 2).

Bei den elektrofotografischen Verfahren benutzt man fotoleitende Schichten, die auf einem elektrisch leitfähigen Trägermaterial aufgebracht sind. Die fotoleitende Schicht hat die Eigenschaft, bei Belichtung einen um mehrere 10er-Potenzen geringeren elektrischen Widerstand zu besitzen als im Dunkeln.

Elektrografische Verfahren

(Einteilung in bezug auf den Aufzeichnungsträger)

VORLAGE	VERFAHRENSART	REPRODUKTIONSPROZESS		
		Aufzeichnungsträger :		
		lichtempfindlich (ZnO-Papier)	ladungsempfindlich (DK-Papier)	ohne Präparation (Normalpapier)
grafisch	direkt	ZnO-Prozess ELFASOL	—	—
grafisch	indirekt (mit Zwischenträger)	—	TESI Ionensteuerung	Selen, OPC, ZnO-Transfer Tonersteuerung Photoelektrophorese
grafisch	mit Converter	(← ————— Farbverfahren ————— →)		
Datenspeicher	mit Converter	CRT-Belichtung	Pin-Tube	INK JET

Abb. 1: Elektrografische Verfahren

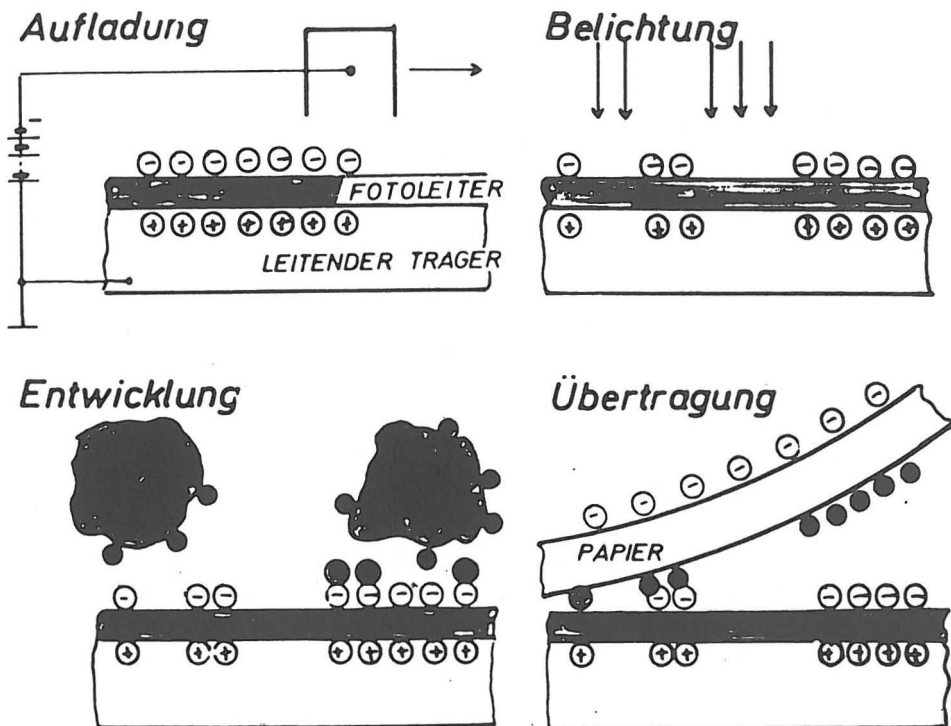


Abb. 2: Prinzipieller Verfahrensablauf

Vor der Belichtung wird die fotoleitende Schicht auf einige 100 V elektrostatisch aufgeladen. Bei der nachfolgenden Belichtung fließt die elektrostatische Oberflächenladung zur Unterlage der Schicht, dem elektrisch leitfähigen Trägermaterial, ab. Übrig bleibt somit ein elektrostatisches, latentes Ladungsbild.

Mittels Farbpulver, die eine entgegengesetzte Polarität zur elektrostatischen Oberflächenladung der Fotoleiterschicht besitzen, wird diese Ladung sichtbar gemacht. Nach diesem Entwicklungsprozeß kann nun das Farbbild entweder direkt auf der fotoleitenden Schicht fixiert oder auf normales Papier oder andere Schichten übertragen werden.

Einsatzgebiete

Bürovervielfältigung

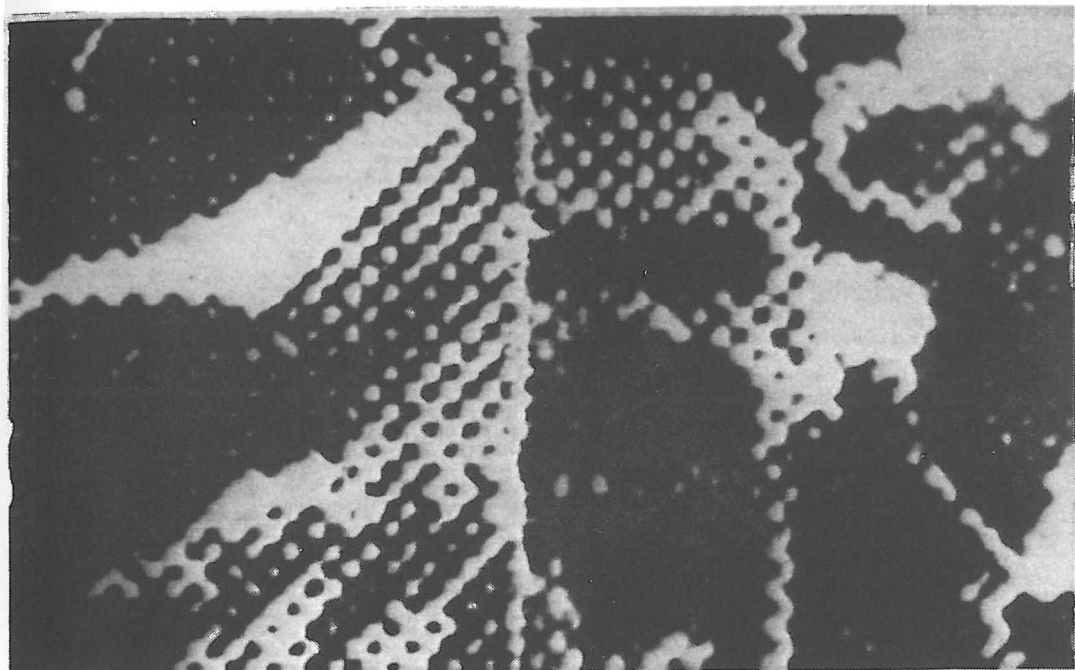
Die weitaus stärkste Verbreitung haben die elektrografischen Verfahren in der Bürovervielfältigung gefunden.

Zinkoxid-Bindemittelschichten mit weißer Oberfläche ermöglichen die Herstellung lichtechter Kopien. Das Basis-Papier muß eine genügende elektrische Leitfähigkeit besitzen. Dieses wird durch Bestreichen der Papieroberseite mit organischen oder anorganischen Salzlösungen erreicht. Die Leitfähigkeit dieses Papiers ist von der Luftfeuchtigkeit abhängig.

Die indirekten Kopierverfahren haben gegenüber den direkten Kopierverfahren den Vorteil, auf beliebige Papiere oder Folien übertragen zu können. Das Endprodukt selbst, die Vervielfältigung, wird vom Materialpreis her billiger. Dadurch wird bei hohem Kopiervolumen der Übertragungsprozeß mit der wiederverwendbaren Fotoleiterschicht rentabel.

Eingesetzt werden Selen-, organische Fotoleiter-, Zinkoxid- sowie Cadmiumsulfid-Schichten. Eines der Hauptprobleme dieser Verfahren ist es, eine Fotoleiterschicht zu entwickeln, die eine möglichst hohe Lebensdauer aufweist. Mit Selen-Schichten sind mehr als 100.000 Übertragungen erreicht worden.

Die Entwicklung der Bürokopier-Techniken ist nun soweit fortgeschritten, daß sowohl das Linienauflösungsvermögen für Grobrasterreproduktionen, als auch die Vollflächenwiedergabe bei hohen Kopiergeschwindigkeiten beherrscht wird (Kodak Ektaprint 100) (Abb. 3).



Copyrapid

Ektaprint

Abb. 3: Vergrößerte Ausschnitte von Aufsichtsreproduktionen mit Copyrapid-Offsetfolie (gedruckt auf Rotaprint RTS 1A) bzw. auf Normalpapier (Kodak Ektaprint),

Kleinoffsetdruck

Sowohl die Kopier- als auch die indirekten Kopiervverfahren lassen sich dazu verwenden, Druckformen für den Offset-Druck zu erstellen. Speziell präparierte Zinkoxid-Schichten können nach der Fixierung durch Hydrophilierung als Offset-Druckform verwendet werden (Abb. 4).

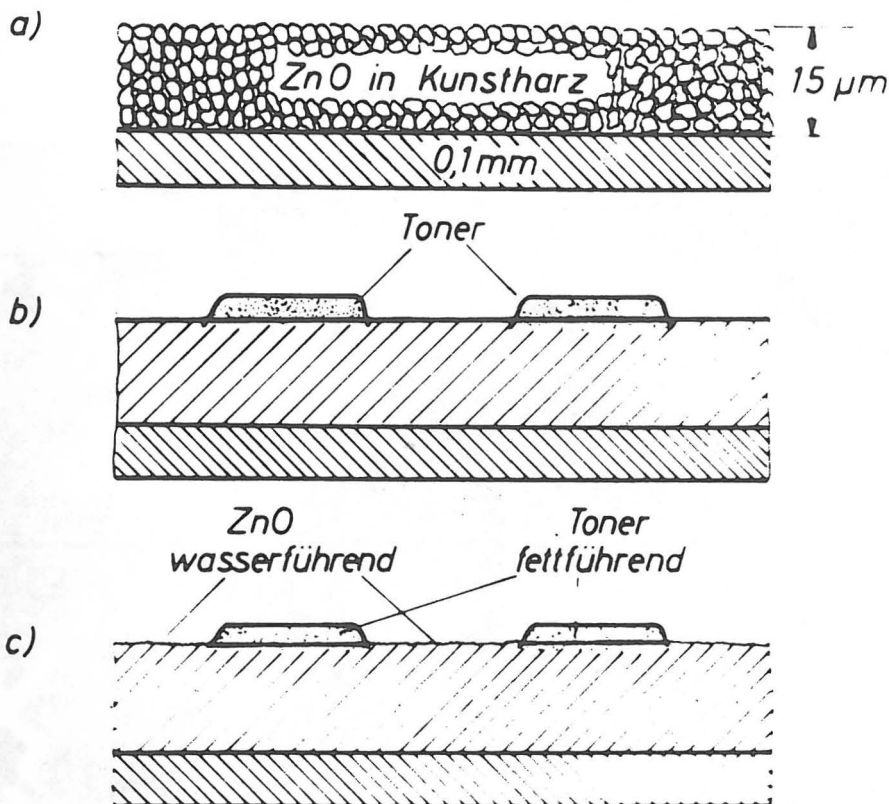


Abb. 4: Zinkoxid - Flachdruckform

Es liegt eine positiv arbeitende Schicht vor,
d. h. das entwickelte Bild wird farbführend.

Präparierte Papierfolien für den Offset-Druck lassen sich mit den indirekten Kopierverfahren zu Offset-Druckformen verarbeiten. Während die Kleinoffset-Druckformen auf Zinkoxid-Basis, je nach Stabilität des Trägermaterials nur Auflagen von 200 bis 2.000 Exemplaren erlauben, kann eine elektrofotografisch hergestellte Flachdruckform bei der fotoleitendes organisches Material benutzt wird (Abb. 5), bei einem Auflösungsvermögen bis zum 32er Raster eine Auflagenhöhe bis zu 100.000 Drucken erreichen (ELFASOL).

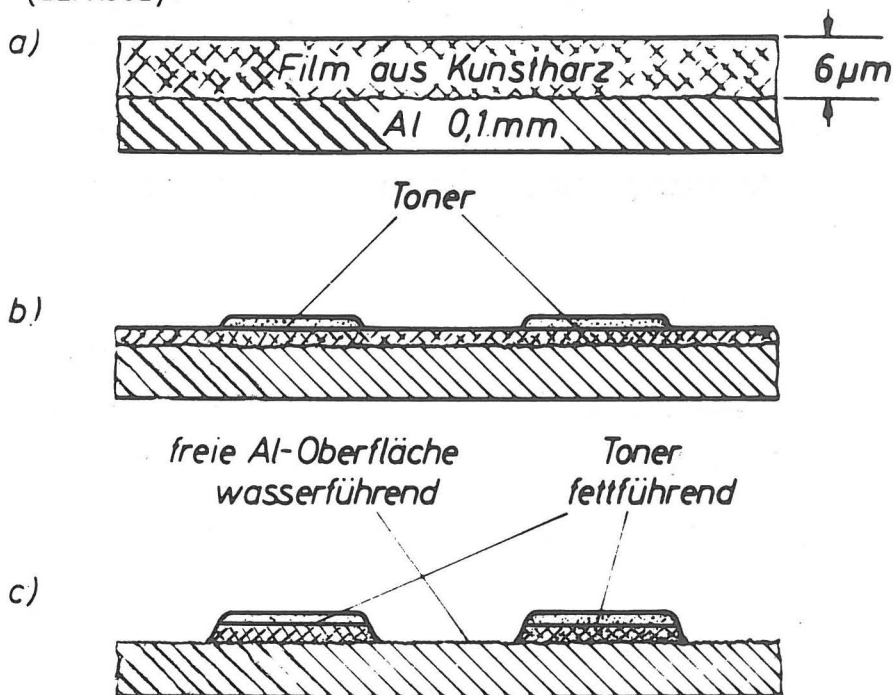


Abb. 5: Hochpolymer-Flachdruckform

Wir haben in unserem Laboratorium ein Verfahren zur Herstellung von Offset-Druckformen entwickelt (Abb. 6), bei dem Flüssigtoner von einer Fotoleiterschicht auf nicht vorbeschichtete Aluminium-Platten übertragen wird. Der speziell entwickelte Toner erlaubt nach der thermischen Fixierung eine hohe Auflage.

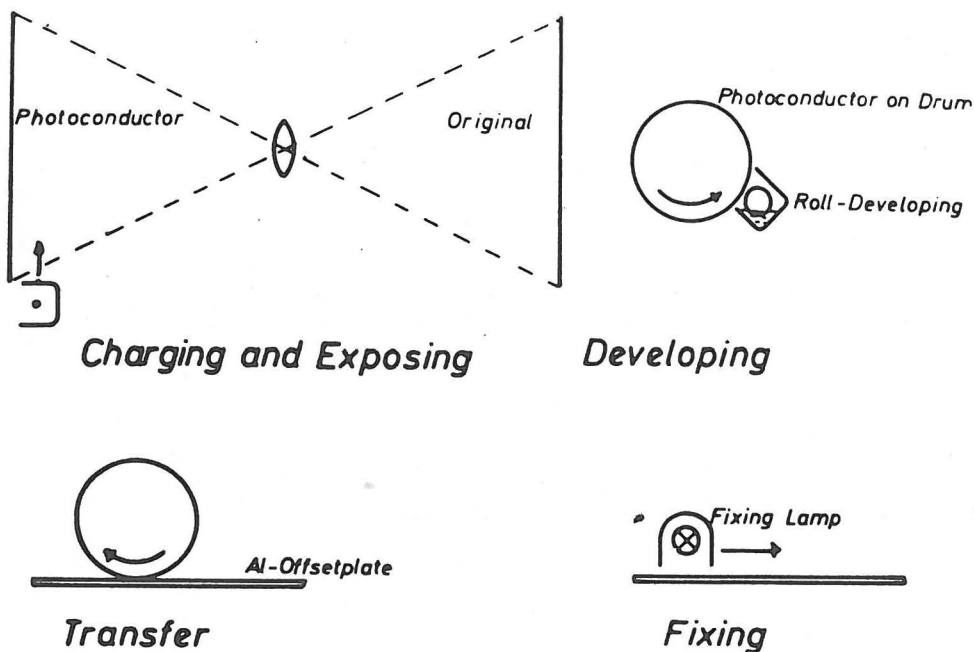


Abb. 6: T0-Prozeß

Das hohe Auflösungsvermögen der elektrofotografischen Verfahren bei Flüssigkeitsentwicklung kann so für die Druckformherstellung voll ausgenutzt werden (Abb. 7).

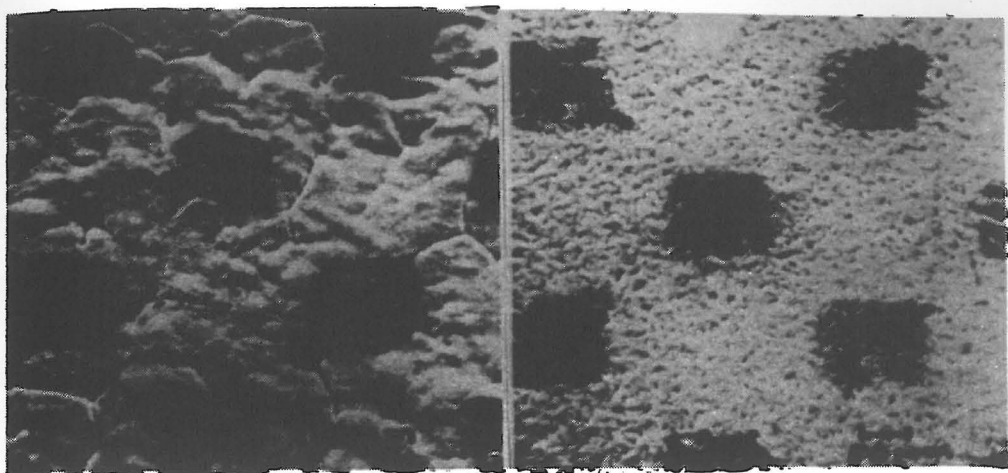


Abb. 7: T0-Prozeß: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen der Tonerablagerung (54er Raster)

auf

links: einer ZnO-Fotoleiterschicht
rechts: nach der Übertragung auf
einer Al-Druckform

Mikrofilm-Rückvergrößerung

Für die Mikrofilmvergrößerung werden im Prinzip die Bürovervielfältigungstechniken verwendet. Es können sowohl positive wie auch negative Mikrofilme verarbeitet werden. Im einfachsten Falle geschieht das bei Zinkoxidpapieren durch negative bzw. positive elektrostatische Aufladung. Das Farbpulver kann für beide Prozesse verwendet werden. Voraussetzung dafür ist jedoch der Einsatz eines speziell präparierten Fotoleiter-Papieres.

Faksimile-Verfahren

Elektrografische Eindruckverfahren insbesondere für den Adressendruck bei hohen Illustrierten-Auflagen (USA) laden bildmäßig dielektrische Papiere mittels einer Kathodenstrahlröhre auf. Dabei befindet sich eine Vielzahl von feinen Drähten in einer Reihe angeordnet entsprechend der Breite der aufgeladenen Fläche im Glasschirm der Kathodenstrahlröhre. Die Ladung des Elektronenstrahles erzeugt auf dem Außenschirm eine Koronaentladung, die punktförmig das dielektrische Papier auflädt. Das Papier besteht aus einer hochisolierenden Deckschicht und einem elektrisch leitenden Basispapier. Es ist somit nicht fotoleitend (DK-Papiere).

Nach einem ähnlichen Prinzip sind elektrografische Schnelldrucker für Computer-Ausgabe bis zu einer Ausgabe-Geschwindigkeit von 5 m/s getestet worden.

Jedoch haben sich Schwierigkeiten bei der Technologie der elektrostatischen Aufladung ergeben, so daß heute das Prinzip der Laser-Belichtung auf fotoleitendem Material technologisch eingesetzt wird (IBM 3800, Siemens ND 2). Ein weiterer Vorteil ist bei diesen letzteren Verfahren darin zu sehen, daß Normalpapiere eingesetzt werden können. Die Formhaltigkeit, wie bei mechanischen Druckern, ist nicht erforderlich. Denn zusätzlich zur Laser-Belichtung wird gleichzeitig der Formularvordruck einbelichtet.

Farbige Vervielfältigung

Die Eigenschaft fotoleitender Schichten, im Dunkeln eine elektrostatische Ladung halten zu können, bleibt auch nach der Belichtung, Entwicklung und Fixierung eines Bildes erhalten. Es ist möglich, die gleiche fotoleitende Schicht auch zu einer weiteren Kopie zu verwenden. Dies ist insbesondere für die Vervielfältigung von Farbvorlagen wichtig.

Für die Herstellung einer Kopie von einem Farbdia wird ein fotoleitendes Material benötigt, das im gesamten sichtbaren Bereich des Spektrums lichtempfindlich ist. Mittels solch einer panchromatischen Schicht lassen sich unter Verwendung von Blau-, Grün- und Rot-Filtern im sukzessiven Verarbeitungsgang farbige Kopien auf großem Format herstellen.

Zusätzlich ist zur Erhöhung der Bildtiefen auch die Überlagerung eines Schwarz-Teilbildes möglich. Wenn keine autotypische Rasterung eingesetzt werden soll, sind fotoleitende Schichten mit weicher Gradation zu verwenden. Eine Farbmaskierung wegen der Nebenfärbendichten läßt sich mit diesem Verfahren technisch noch nicht realisieren. Es treten somit je nach Farbvorlage Farbverfälschungen bei der Kopie auf.

In der Reproduktionstechnik, die die Filmvorlage für den Vierfarbendruck liefert, liegen Farb-Teilbilder als Schwarz-Weiß-Auszugsfilme vor, die sowohl im Dichteumfang begrenzt und standardisiert wie auch farbmaskiert für die entsprechenden Druckfarben

hergestellt werden. Zinkoxid-Schichten werden hier zur Farbauszugskontrolle eingesetzt. Diese fotoleitenden Schichten benötigen keine panchromatische Sensibilisierung, da die Farb-Teilbilder in Schwarz-Weiß vorliegen. Die Teilbilder werden jeweils mit den entsprechenden farbigen Entwicklern reproduziert.

Bei diesem Kopierprozeß wird die vierfarbige Reproduktion auf dem fotoleitenden Papier fixiert. Man kann das noch feuchte Teilbild jedoch auch auf beliebige andere Schichten übertragen. Insbesondere ist so mittels einer Übertragung eine Farbauszugskontrolle auf dem später im Druck zu verwendenden Papier möglich (Remak), (Abb. 8).

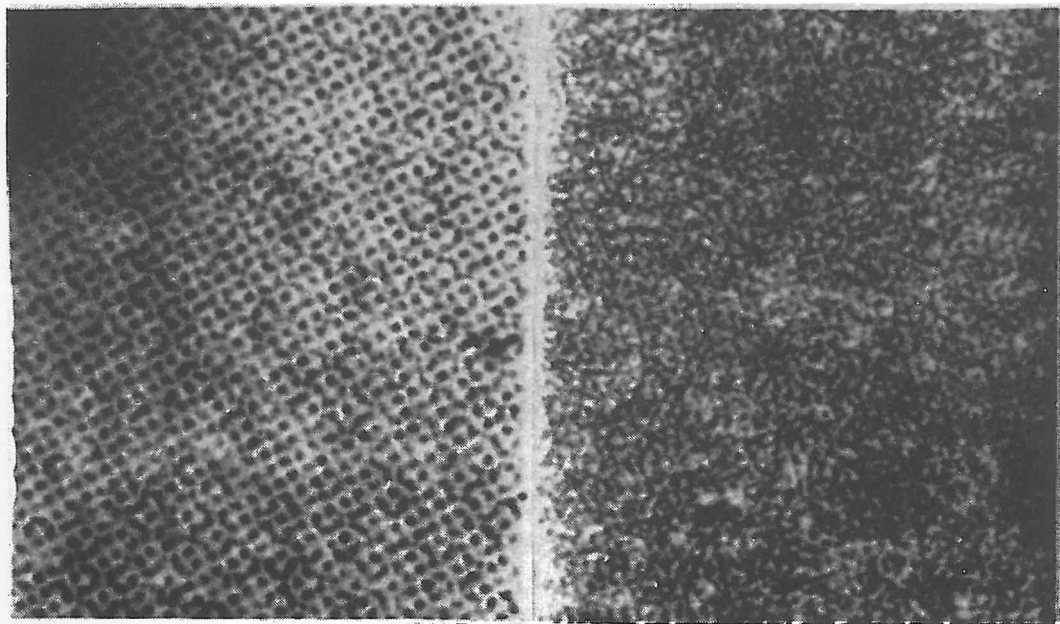


Abb. 8: Vergrößerte Ausschnitte:
links: Remak-Tiefdruck-Farbauszugs-
Kontrollverfahren
rechts: Maschinen-Andruck im Tief-
druck der gleichen Vorlage

Sonder-Verfahren

Auch für sehr großformatige Reproduktionen lassen sich elektrografische Verfahren verwenden (Abb. 9). So wird in Japan die Zeichnungsvorlage für das Schweißen von Schiffsplanken in der Original-Größe auf die Stahlplatten projiziert (B, Abb. 9). Vor der Belichtung wurde thermoplastisches Harzpulver, mit fotoleitenden Zinkoxid-Kristallen pigmentiert, als dünne Schicht auf die Schiffsplanken aufgetragen und elektrostatisch aufgeladen (A, Abb. 9). Dabei haften die trockenen Farbpigmente fest auf dem metallenen Trägermaterial. Durch die Belichtung fließt die elektrostatische Ladung an den belichteten Stellen ab. Ein Staubsauger entfernt die entladenen Teilchen (Ab, Abb. 9). Nachfolgend können die Schweißmarkierungen, die kein Licht erhalten haben, mittels Infrarot-Licht fixiert werden (F, Abb. 9).

ELEKTROGRAFISCHES MARKIEREN

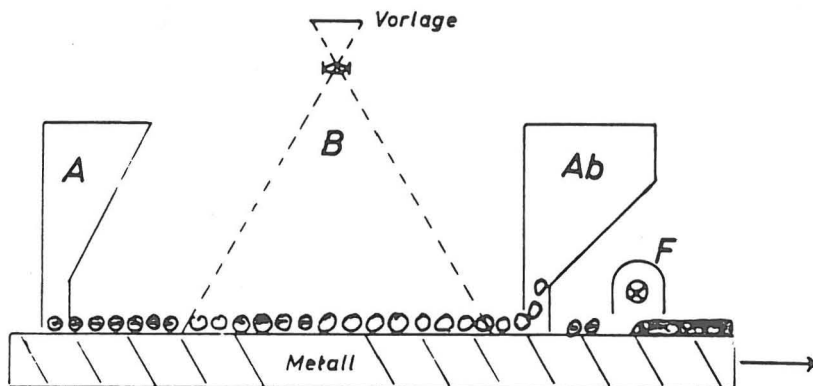


Abb. 9: Elektrografisches Markieren

Die größte Maschine dieser Art fertigt
Schweißmarkierungen von mehreren Metern
Länge und Breite an (Abb. 10).

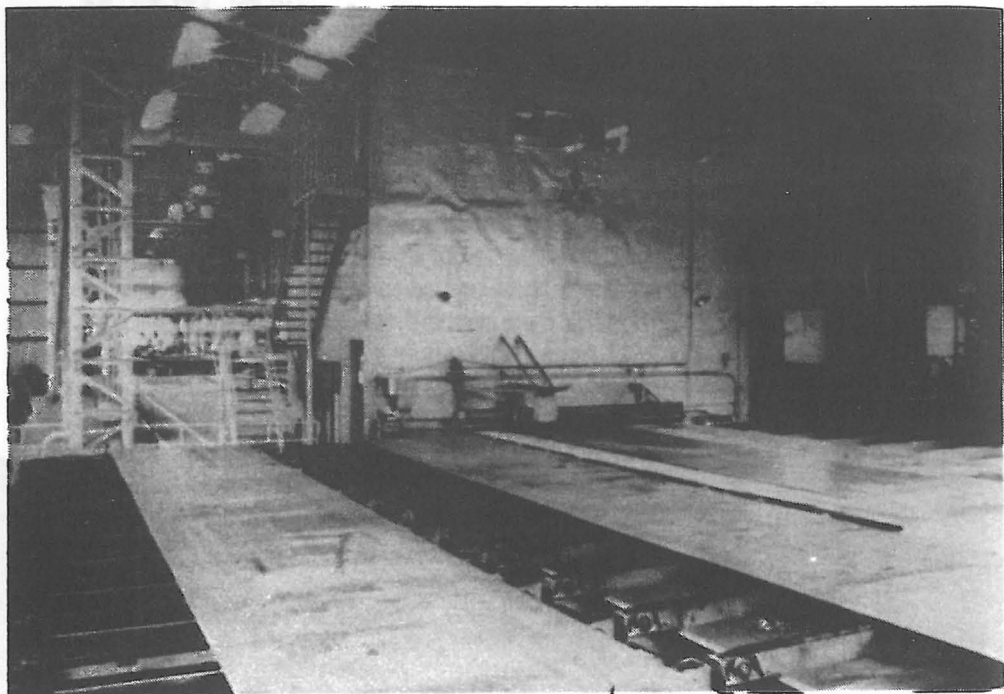


Abb. 10: Elektrografisches Markiergerät für
Stahl-Schiffsplanken bis 2 x 10 m

Einiges zur Physik dieser Verfahren

Die Schichtstärke des Fotoleiters sei mit d_1 bezeichnet, seine Dielektrizitätskonstante mit ϵ_1 und sein spezifischer, elektrischer Widerstand (im Dunkeln) mit ϱ (Abb. 11).

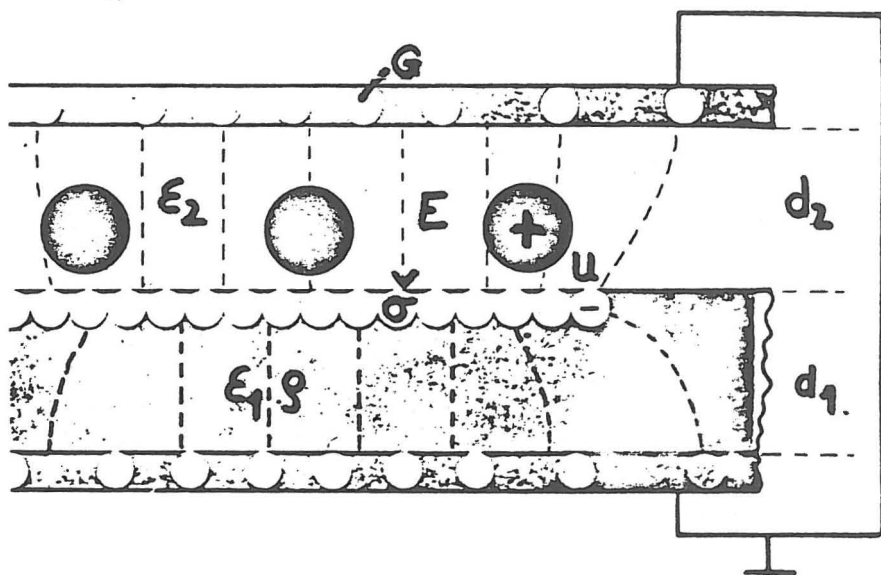


Abb. 11: Zur Geometrie des Entwicklungsraumes
 G: Gegenelektrode,
 E: elektrisches wirksames Feld,
 σ : Oberflächenladungsdichte,
 U: Oberflächenpotential

Die Lebensdauer τ der elektrostatischen Ladung auf der fotoleitenden Schicht (im Dunkeln) ergibt sich zu

$$\tau = \epsilon_1 \cdot \epsilon_0 \cdot \varrho$$

Die Dielektrizitätskonstante liegt i. a. zwischen 3 und 10.

Bei den heutigen, relativ schnellen Prozessen soll die Lebensdauer etwa 10^2 s betragen. Die Potentialdifferenz U zwischen Ober- und Unterseite des Fotoleiters beträgt zwischen 100 und 600 Volt.

Man erhält somit einen spezifischen Widerstand von

$$\varrho = 2 \cdot 10^{14} \Omega \cdot \text{cm} \quad (\epsilon_1 = 5; \epsilon_0 = 8.9 \cdot 10^{-14} \text{ F/cm})$$

und eine Ladungsdichte von

$$\sigma = \frac{\epsilon_1 \cdot \epsilon_0}{d_1} \cdot U = 10^{-7} \text{ A} \cdot \text{s/cm}^2 \quad (d=10 \text{ um})$$

Etwas anschaulicher läßt sich die Ladungsdichte bei Betrachtung des atomistischen Aufbaues der Materie darstellen:

Auf der Oberfläche eines Festkörpers befinden sich etwa 10^{16} Atome/cm². Für eine Elementarladung e gilt

$$1 e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ A} \cdot \text{s} ;$$

damit ergibt sich in Verbindung mit der vorhergehenden Gleichung, daß auf eine überschüssige Elementarladung ca. 10.000 Oberflächen-Atome kommen.

Aufladung

Das Aufbringen von elektrostatischen Ladungen auf den Fotoleiter geschieht mit Hilfe des

Korona-Effekts: Die Luftmoleküle werden in einem hohen elektrischen Feld in Ionen zerlegt. Das elektrische Feld an der Oberfläche eines Leiters ist umgekehrt proportional des Krümmungsradius. An Metalldrähten mit einem Durchmesser von 100 μm werden Spannungen von ca. 10.000 Volt benötigt.

Man kann den in Abhängigkeit vom Drahtort auf eine aufzuladende Fläche gelangenden Ionenstrom messen. Die Anordnung dazu ist aus Abb. 12 zu entnehmen.

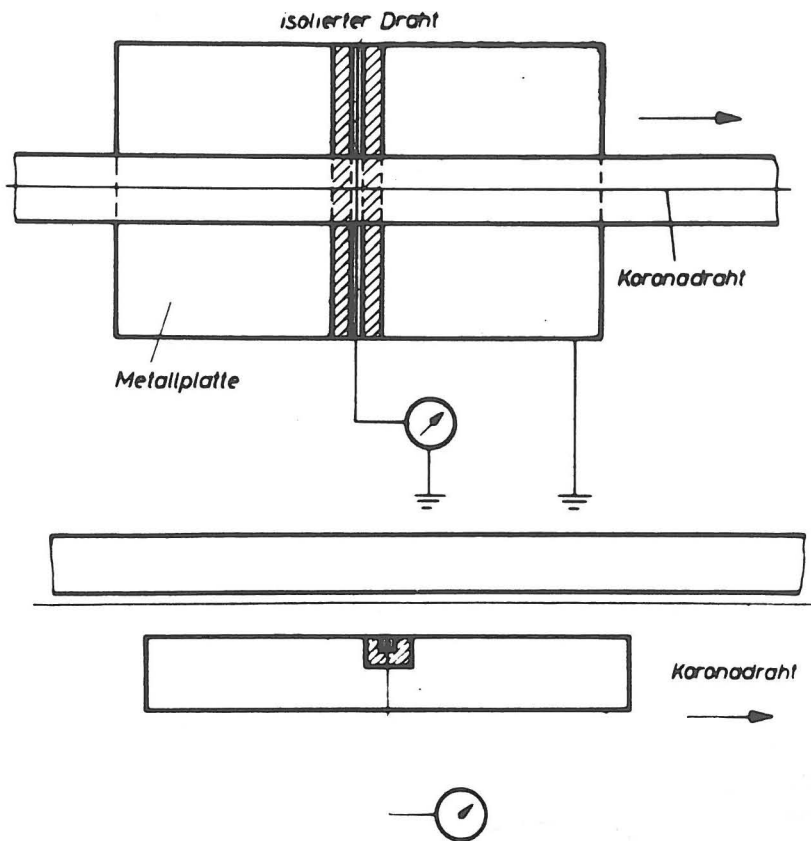


Abb. 12: Messung des Ionenstromes

Während bei positiv aufladender Korona-Elektrode der Ionenstrom in Abhängigkeit vom Drahtort praktisch konstant ist, treten erhebliche Ionenstromschwankungen infolge schwankender Austrittsarbeiten der Elektronen in der Drahtoberfläche und der Elektronegativität des Sauerstoffs der Luft auf (Abb. 13). Somit ist es wichtig bei negativ aufladenden Korona-Elektroden Verfahren zu entwickeln, die eine möglichst gleichmäßige Aufladung von Fotoleitern bewirken.

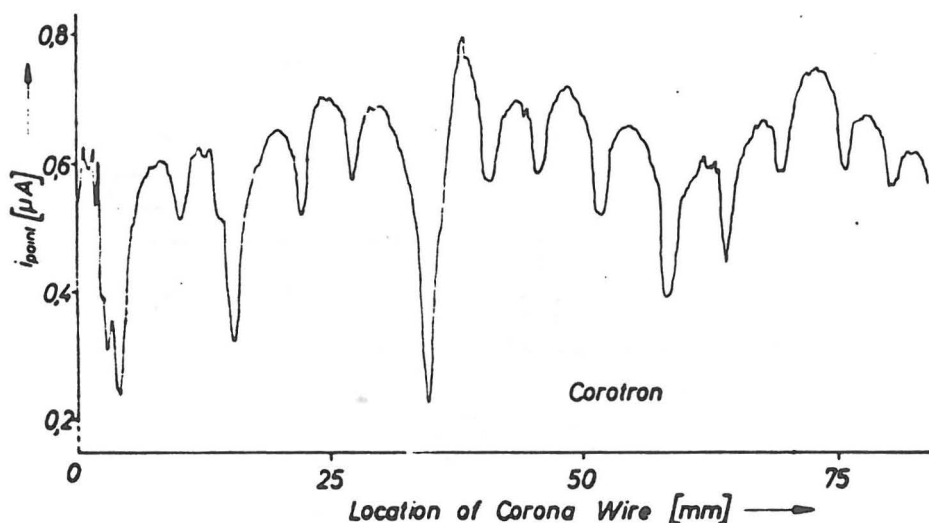


Abb. 13: Negativ aufladende Korona-Elektrode üblicher Bauart. Ionenstrom in Abhängigkeit vom Drahtort

Eine von mir vorgeschlagene Korona-Elektrode mit mittelfrequenter Hochspannungsüberlagerung zeigt wesentlich geringere Schwankungen bei gleicher Leistung (Abb. 14).

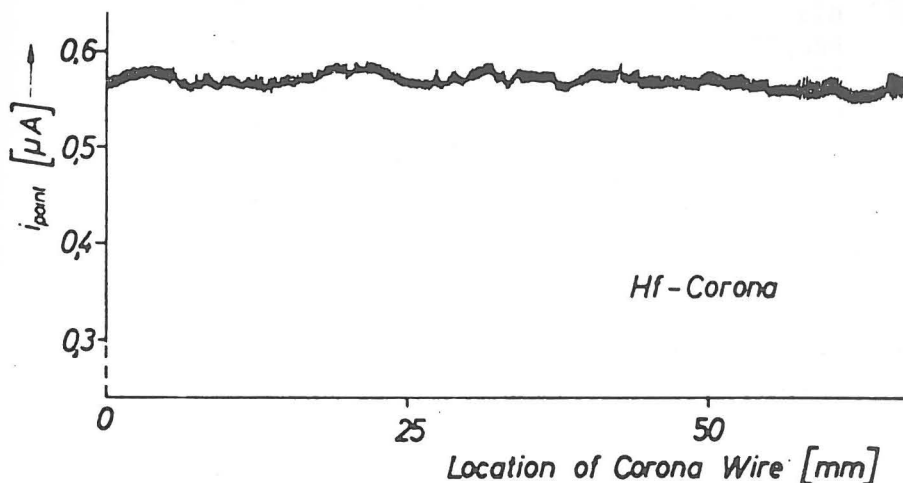


Abb. 14: Negativ aufladende Corona-Elektrode bei Überlagerung der Gleichspannung mit mittelfrequenter Hochspannung (ca. 10 kHz). Ionenstrom in Abhängigkeit vom Drahtort.

Bei einer Vorschubgeschwindigkeit von $= 10 \text{ cm/s}$ und einer Breite von 21 cm, werden bei der Aufladung von ZnO-Schichten mindestens 80 μA benötigt. Physikalisch läßt sich mit dem Corona-Effekt an einem Koronadraht ein Ionenstrom 80 $\mu\text{A/cm}$ - Drahtlänge erreichen (nach Xerox).

Belichtung

Die spektrale Empfindlichkeit der Fotoleiter liegt im UV- bzw. Blau-Bereich der Lichtwellenlängen. Jedoch sind durch Dotierung der Fotoleiter sowohl Selen-, ZnO- und orga-

nische Fotoleiter-Schichten panchromatisch herstellbar. Je nach Fotoleiter werden 1 - 10 uWs/cm² (20 - 200 lx.s) zur Belichtung benötigt. Bei ZnO liegen die Belichtungswerte bei 60 - 240 lx.s Selen und Cadmiumsulfid sind die empfindlichsten Fotoleiter.

Zum Beispiel sind bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 10 cm/s und spaltförmiger Abtastung der Aufsichtsvorlage bei ZnO-Schichten 1.000 Watt zur Belichtung erforderlich.

Entwicklung

Um das erstellte elektrostatische Ladungsbild sichtbar zu machen, müssen entgegengesetzt geladene Farbpigmente an die Oberfläche des Fotoleiters herangeführt werden. Von den verschiedenen Verfahren seien nur die Magnetbürsten- und die Flüssigkeits-Entwicklung erwähnt. Bei der Magnetbürstenentwicklung konventioneller Bauart werden die gefärbten Kunststoff-Teilchen (die Toner) an Eisenpulver (die Träger) unipolar aufgeladen und das Gemisch (der Entwickler) mittels magnetischer Kräfte zum Bildort befördert. Bei einer Magnetwalze werden i. a. zur Entwicklung von Vollflächen Kopiergeschwindigkeiten von 5 - 10 cm/s erreicht.

Bei der Flüssigkeitsentwicklung sind die Tonerpartikel in einer elektisch-isolierenden organischen Flüssigkeit dispergiert. Durch Additive werden sie unipolar aufgeladen. Die Entwicklung selbst erfolgt aufgrund der Gesetze der Elektrophorese. Dabei sind folgende "10 Gebote" zu beachten:

- 1 Vorbenetzung
- 2 Rückseitig möglichst wenig Entwickler
- 3 Entwicklungsgeschwindigkeit v_p groß
- 4 Relativgeschwindigkeit ($v_p - v_E$) klein
- 5 Kontaktzeit groß
- 6 Mechanischer Kontaktdruck klein
- 7 Dauernde Zufuhr frischen Toners am Bildort
- 8 Möglichst nahe Gegenelektrode
- 9 Geringes Strömungsgefälle grad v
- 10 Möglichst trockene Kopie aus der Entwicklungszone

Die Gegenelektrode G (Abb. 11) bewirkt eine Erhöhung der Feldstärke E im Entwicklungsraum. Es gibt (die Kapazitätsterme $\frac{1}{d_1}$ und $\frac{2}{d_2}$ werden addiert) für die Ladungsdichte

$$\sigma = \epsilon_0 \cdot U \left(\frac{\epsilon_1}{d_1} + \frac{\epsilon_2}{d_2} \right), \quad U = d_2 \cdot E$$

und damit für die Feldstärke im Entwicklungsraum

$$E = \frac{\sigma \cdot d_1}{\epsilon_0 (\epsilon_1 d_2 + \epsilon_2 \cdot d_1)}$$

Das Ladungs-Masse-Verhältnis q/m liegt bei $10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ A.s/g}$. Die abgeschiedene Toner-masse beträgt etwa 10 g/m^2 , wenn eine Farbdichte von $D = 1.5$ vorliegt. Es werden dabei ca. 10^{20} Farbmoleküle pro Quadratmeter benötigt.

Die Kraft F auf ein Tonerteilchen mit der Ladung Q in einem elektrischen Feld E ergibt sich zu:

$$F = Q \cdot E$$

Zusätzlich tritt noch in inhomogenen Feldern, also an Bildkanten und evtl. vorliegenden Kornstrukturen des Fotoleiters, eine sogenannte Gradientenkraft F_g auf. Für ungeladene, gleichmäßig polarisierte, kugelförmige Teilchen gilt:

$$F_g = 2 \epsilon_0 \cdot r^3 \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \cdot \text{grad } E^2$$

: DK des Teilchens

r : Radius des Teilchens

Eine Nebenbemerkung:

Während die letzte Gleichung in der Elektrofotografie eine untergeordnete Rolle spielt und nur bei hohen Qualitätsanforderungen berücksichtigt werden muß, ist sie in der Tiefdrucktechnik bei der Anwendung elektrostatischer Felder am Presseur von Bedeutung. Die starke Inhomogenität des elektrischen Feldes wird dort durch die Näpfchenränder hervorgerufen. Eine Aufladung der Farbpigmente selbst ist zwar nachzuweisen, wirkt sich jedoch nur gering beim Druckprozeß aus.

Die Entwicklungszeit, die benötigt wird, um eine Vollfläche zu erhalten, hängt stark von den Randbedingungen im Entwicklungsraum ab. Je nach Tonerart und Abstand der Gegenelektrode genügen Kontaktzeiten bis herab zu 20 ms.

Transfer

Die Übertragung (Transfer) der noch nicht fixierten Trocken- oder Flüssig-Toner auf Normalpapier oder Metallflächen gelingt mittels leitfähiger Rollen ohne Schwierigkeit. Die Technik selbst ist durch den elektrostatisch unterstützten Tiefdruck bekannt.

Fixierung

Bei der Fixierung insbesondere von Trockentönern mit kurzwelligen oder mittelwelligen Infrarot-Strahlen werden Energien von ca. 4 W/cm^2 benötigt. Dabei ist insbesondere die unterschiedliche spektrale Absorption von Toner und Papier zu beachten. Das Papier absorbiert im kurzwelligen IR-Gebiet geringer als der Toner. Dabei können an Volltonflächen, bedingt durch die Wärmekapazität der Tonerfläche, Verbrennungserscheinungen am Papier entstehen, während umgekehrt feine Tonerlinien nicht fixiert werden.

Als Beispiel sei angeführt, daß bei einem Papierdurchlauf mit $v = 10 \text{ cm/s}$ im A-4-Format eine Fixierleistung von $1.200 - 1.600 \text{ W}$ benötigt wird (Eingangsleistung der IR-Strahler).

Bei der Press-Fixierung werden Trockentoner unter einem Linien-Druck von 50 kp/cm in die Kopie gewalzt. Diese Technik setzt z.Z. noch geeignete Oberflächen für das Kopierpapier voraus. Der große Vorteil dieses Verfahrens ist in der geringen Wärmeentwicklung (auch Energieverbrauch) zu sehen. Das Kopiergerät kann kompakter erstellt werden und läßt eine höhere Kopiergeschwindigkeit zu.

Ein Nachteil dieses Verfahrens ist die auftretende Linienverbreiterung des Schriftbildes.

Schlußbemerkung

Vergleicht man einmal den Energieverbrauch einer Offsetmaschine mit UV-Trocknung mit einem elektrostatischen Drucker, so ergibt sich, daß etwa die 5fache Energie bei den elektrostatischen Verfahren aufgewendet werden muß (Offset: 40 KW, elektrostatischer Drucker: 200 KW, bei 1 m Papierbreite und Druckgeschwindigkeit 5 m/s). Es ist hier ein elektrostatischer Drucker mit Trockenentwicklung genommen worden, bei dem der Toner durch thermische Fixierung in das Papier eingeschmolzen wird. Praktisch die gesamte Energie, die für den Betrieb der Maschine notwendig ist, wird für die Fixierung benötigt. Die kurz angedeutete Pressfixierung könnte in diesem Fall in Zukunft die Energiekosten erheblich senken.

Bei Flüssigkeitsentwicklung wird nur ein geringer Energieaufwand benötigt, jedoch ist bei hoher Kopiergeschwindigkeit der Dampfdruck der verdunstenden organischen Flüssigkeit nicht zu vernachlässigen (Umweltschutz).

Zur Zeit laufen Entwicklungen mit pastösen, thixotropen Tonern, die mittels Pressfixierung eingewalzt werden.

In Verbindung mit einem Multikopieprozeß (elektrostatischer Flachdruck) - hier kann das Original nach der elektrofotografischen

Druckformherstellung aus dem Originalhalter
entfernt werden - könnte dies ein weiterer
Schritt sein, elektrografische Techniken in
Spezialgebiete der Drucktechnik einzuführen.

Dr.-Ing. D. Preuß
Lehrstuhl für Theoretische Nachrichtentechnik
und Informationsverarbeitung
Technische Universität Hannover

Bericht über eine Studie des Bundesministeriums
für Forschung und Technologie "Stand und Ent-
wicklungstendenzen der Faksimiletechnik"

1. Einführung

Die Studie wurde im Auftrage des Bundesministeriums für Forschung und Technologie vom Lehrstuhl für Theoretische Nachrichtentechnik und Informationsverarbeitung der Technischen Universität Hannover, in Zusammenarbeit mit der Industrie und dem Fernmeldetechnischen Zentralamt der Deutschen Bundespost, durchgeführt. Diese Mitarbeit bestand zum Teil darin, daß die Beteiligten einzelne Abschnitte der Studie verfaßten, und zum Teil darin, daß sie in Diskussionsbeiträgen und durch die Bereitstellung wertvoller Informationen die Arbeit unterstützten.

Die Studie beabsichtigt, eine Bestandsaufnahme über die Technik der Faksimileübertragung zu geben. Dabei werden sowohl die in heutigen Faksimilesystemen realisierten Technologien als auch neue Entwicklungen beschrieben. Um die aus technischer Sicht möglichen Entwicklungsrichtungen der Faksimiletechnik aufzuzeigen, werden die heute verwendeten und in der Entwicklung befindlichen Technologien und

Verfahren der Faksimileübertragung soweit wie möglich vergleichend diskutiert und ihre Grenzen aufgezeigt.

Die Faksimiletechnik umfaßt die Fernübertragung von bewegten Bildern und das Ausdrucken einer Kopie am Empfangsort. Es wird deshalb auch häufig die Bezeichnung "Fernkopieren" verwendet. Man unterscheidet zwischen "fotografischer Faksimiletelegrafie" zur Übermittlung von Grautönen und "Faksimiletelegrafie für Dokumente" zur Übermittlung von Schwarz-Weiß-Bildvorlagen und Bildvorlagen mit einigen wenigen Grautönen. Für beide Übertragungsarten existiert eine Vielzahl von Spezialgeräten, die bisher vorwiegend in Sonderdiensten eingesetzt werden. Eine Übersicht über die verschiedenen Anwendungsgebiete ist in Bild 1 gezeigt.

Anwendungsgebiet	Art der Bildvorlagen
Wetterdienst Luft- und Seefahrt	Wetterkarten Satelliten-Wetterbilder
Polizei	Fahndungsbilder Fingerabdrücke Tatortfotos
Presse	Fotos Druckvorlagen für Zeitungsseiten
Raumfahrt	Bilder der Erder- kundung und des Weltraumes
Büro- und Geschäftsbereich	Schriftstücke Tabellen Diagramme Zeichnungen

Bild 1 Anwendungsgebiete der Faksimiletechnik

Für den Büro- und Geschäftsbereich wird in naher Zukunft eine bedeutende Ausweitung des Faksimileverkehrs zur Dokumentenübertragung erwartet, da dort bisherige Kommunikationsformen, wie z. B. Briefverkehr, Fernschreiben und Telegrammverkehr, bis zu einem gewissen Grad vorteilhaft durch die Faksimileübertragungstechnik ergänzt werden können. Eine Voraussetzung dafür ist jedoch die Entwicklung von kostengünstigen digitalen Faksimilegeräten, mit denen eine DIN A4-Seite in einer Minute oder weniger über einen Telefonkanal übertragen werden kann.

In Zukunft können auch neue Bildkommunikationsdienste zur weiteren Verbreitung der Faksimiletechnik beitragen, wobei zum Teil neue und höhere Anforderungen an die Technik der Endgeräte zu stellen sind, die von den heutigen Faksimilesystemen noch nicht oder erst teilweise erfüllt werden. Solche neuen Festbild-Kommunikationsdienste sind z.B.:

- Datenbankdienste und Bibliotheks-Informationdienste
- Faksimilezeitung (homefax)
- Elektronischer Postdienst

2. Aufbau und Arbeitsweise eines Faksimile-Übertragungssystems

Bild 2 gibt in einem Blockschaltbild für einen Faksimiletransceiver, wie er vorwiegend im Bürobereich eingesetzt wird, eine Übersicht über die wichtigsten Baugruppen.

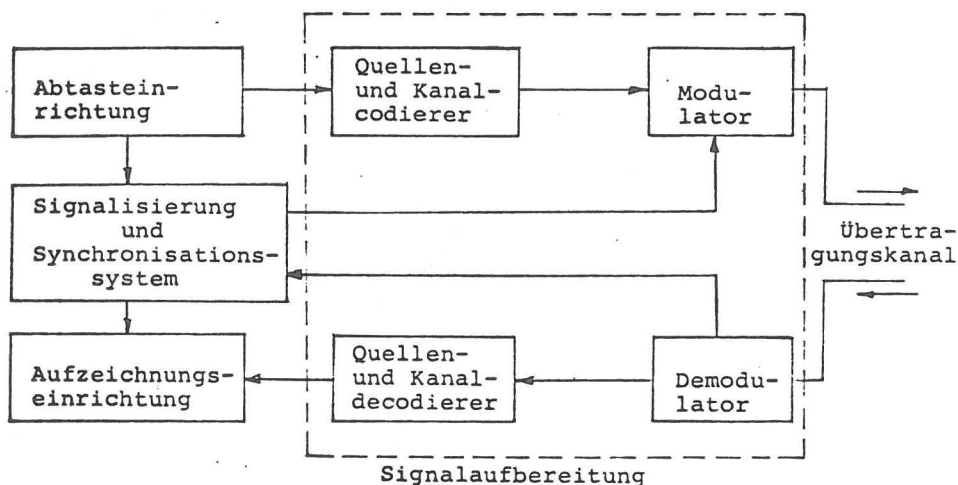


Bild 2 Blockschaltbild eines Faksimiletransceivers

Im Sendebetrieb tastet die Abtasteinrichtung das zu übertragende Dokument zeilenweise ab und stellt der nachfolgenden Signalaufbereitung ein Videosignal zur Verfügung. Im Quellen- und Kanalcodierer, der nur in digitalen Geräten vorhanden ist, wird das Videosignal durch Verfahren der Redundanzreduktion in der Zeit komprimiert und gegen Kanalstörungen geschützt. Der Modulator paßt das Basisbandsignal frequenzmäßig an den Übertragungskanal an und verringert ebenfalls die Störanfälligkeit des Signals.

Im Empfangsbetrieb wird das auf dem Kanal eintreffende Signal demoduliert und bei digitalen Geräten decodiert, wobei das ursprüngliche Videosignal wiedergewonnen wird. Dieses wird der Aufzeichnungseinrichtung zugeführt, die das Dokument auf Papier aufzeichnet.

Das Synchronisationssystem wertet im Sendebetrieb den Zeilentakt der Abtasteinrichtung aus und erzeugt daraus die Phasenzeichen, die zu Beginn der Übertragung gesendet werden. Im Empfangsbetrieb wertet es die ankommenden Phasenzeichen aus und synchronisiert damit die Aufzeichnungseinrichtung. Das Signalisierungssystem nimmt den Austausch von Identifikations- und Befehlssignalen zwischen Sender und Empfänger am Anfang und Ende der Übertragung vor.

Der prinzipielle Ablauf einer Faksimileübertragung wird am Beispiel eines Trommelgerätes beschrieben, das heute noch vorwiegend im Gebrauch ist (Bild 3). Beim Sender wird die Bildvorlage, beispielsweise eine DIN A4-Seite mit Schreibmaschinenschrift, auf eine Trommel gespannt, die sich während der Übertragung dreht. Die Trommeloberfläche wird punktförmig beleuchtet und das reflektierte Licht mittels eines photoelektrischen Sensors in ein zweistufiges Videosignal umgewandelt, in dem die Helligkeitswerte schwarz und weiß zwei verschiedenen Spannungspegeln entsprechen (Bild 4).

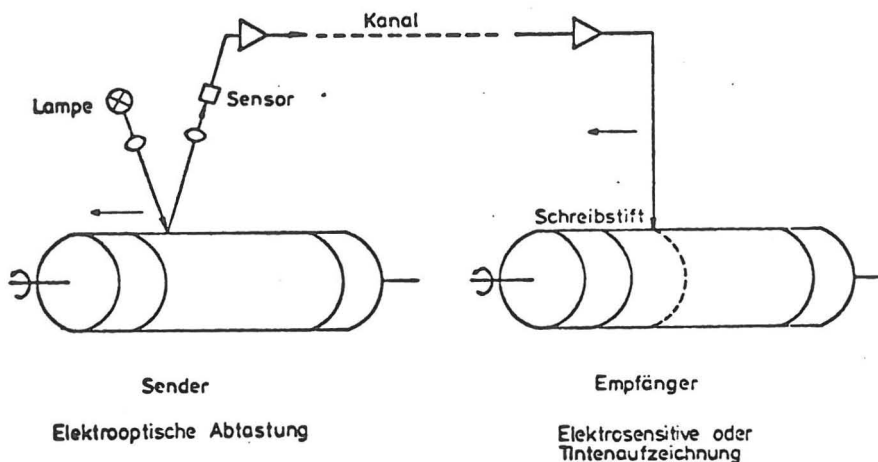


Bild 3 Beispiel für die Trommelabtastung und -aufzeichnung

Bei Grauton-Bildvorlagen wird das Videosignal entsprechend der Anzahl der unterscheidbaren Grauwerte mehrstufig. Diese Abtastvorrichtung befindet sich auf einem Wagen, der sich langsam an der Trommel entlangbewegt. Auf diese Weise wird die Trommeloberfläche in Form einer engen Schraubenlinie abgetastet.

Zur Übertragung wird das Videosignal einer Trägerfrequenz aufmoduliert, die an den zur Verfügung stehenden Übertragungskanal angepaßt ist. Bei der Amplitudenmodulation (AM) werden die schwarzen Teile der Abtastzeile z.B. durch Trägerfrequenzimpulse dargestellt, deren Dauer der Länge der schwarzen Zeilenabschnitte entspricht. Bei der Frequenzmodulation (FM) schaltet man zwischen zwei verschiedenen Frequenzen im Rhythmus der Schwarz-Weiß-Wechsel um. Für eine

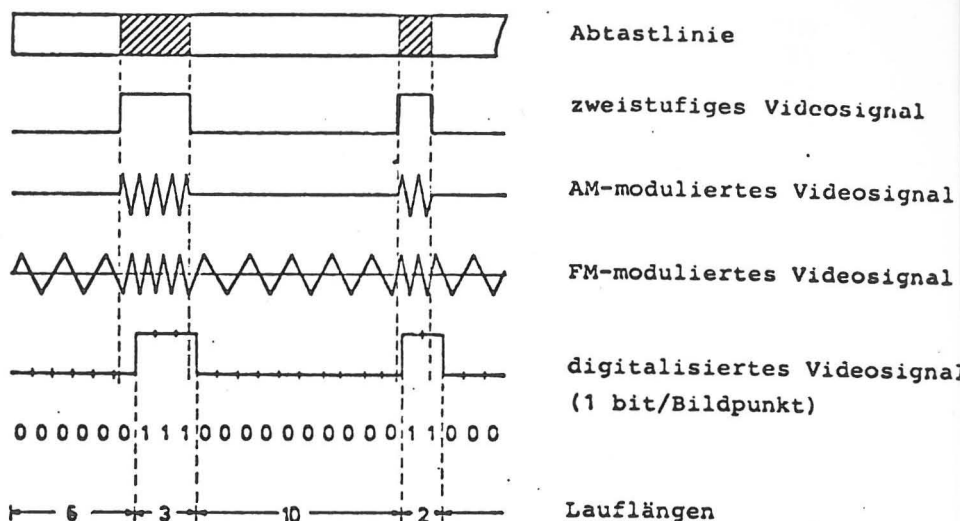


Bild 4 Faksimile-Signalformen

digitale Übertragung wird das zweistufige Videosignal zunächst in gleich breite Bildpunkte aufgeteilt. Dabei können, wie im Bild 4 gezeigt, die schwarzen Zeilenabschnitte in ihrer Lage und ihrer Breite etwas verändert werden. Die Feinheit der Bildpunkteinteilung muß so gewählt sein, daß die Veränderungen nicht mehr störend wirken. Ordnet man nun jedem Bildpunkt ein Bit zu, z.B. die Binärzeichen 0 = weiß und 1 = schwarz, so erhält man eine Binärzeichenfolge, die über ein digitales Übertragungssystem gesendet werden kann. Die Übertragungszeit kann dabei verkürzt werden, indem die Binärzeichenfolge in Abschnitte aufeinanderfolgender gleicher Bildpunkte aufgeteilt wird und für jeden Abschnitt die sog. Lauflänge (engl. run length) in codierter Form übertragen wird. Dies wird

mit Verfahren der Quellencodierung erreicht (Redundanzreduktion). Zur Sicherung der zu übertragenden Binärzeichen gegen Übertragungsfehler können zusätzlich Kanalcodierungen, wie fehlererkennende oder fehlerkorrigierende Codes, eingesetzt werden.

Auf der Empfangsseite der Faksimile-Übertragungstrecke befindet sich im allgemeinen ein gleiches Gerät wie auf der Sendeseite, auf dessen Trommel ein weißes Blatt Papier aufgespannt wird. Anstelle der Abtastvorrichtung bewegt sich nun eine Schreibvorrichtung an der Trommel entlang und zeichnet das demodulierte oder decodierte Bildsignal auf. Die Aufzeichnung erfolgt mit Tinte auf Normalpapier oder durch die elektrische Einwirkung von Schreibnadeln auf Spezialpapier. Moderne Geräte verwenden auch statt der Trommelabtastung eine Flachbettabtastung, die keine mechanische Bewegung mehr in der Richtung der Abtastzeile erforderlich macht.

Die Bürofaksimilegeräte werden nach ihrer Modulationstechnik und Übertragungszeit in drei Gruppen aufgeteilt.

Gruppe 1: analog arbeitende Geräte mit Doppelseitenbandmodulation und 4-6 min. Übertragungszeit je DIN A4-Seite.

Gruppe 2: analog arbeitende Geräte mit Bandbreite sparender Modulation und 2-3 min. Übertragungszeit je DIN A4-Seite.

Gruppe 3: digital arbeitende Geräte mit Redundanzreduktion und ca. 1 min. Übertragungszeit je DIN A4-Seite.

3. Abtastverfahren und -einrichtungen

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Abtastverfahren, die in sehr unterschiedlichem Umfang in Seriengeräten und Prototypen angewendet worden sind. Im Bild 5 werden einige wichtige Verfahren in Form einer Prinzipskizze vorgestellt. Bild 5a zeigt die in heutigen Geräten sehr verbreitete Trommelabtastung, deren Arbeitsweise schon im Abschnitt 2 kurz erläutert wurde.

Bei der Quasiflachbettabtastung im Bild 5b wird die Vorlage auf eine durchsichtige gekrümmte Fläche gelegt. Ein rotierender Mehrfachabtastkopf tastet die Vorlage zeilenweise ab und wird in Achsrichtung vorgeschoben. Bei dieser Abtastung treten wie bei der Trommelabtastung keine optischen Fehler bezüglich Fokus, Helligkeitsverteilung und Geometrie auf.

Bild 5c zeigt eine Abtastung mit Lichtleitfasern und einem "line-to-circle-converter". Das Abtastverfahren ist ein reines Flachbettverfahren und hat ebenfalls keine optischen Fehler. Die sequentielle Abfrage der einzelnen Lichtleitfasern wird durch ein über dem zum Kreis geformten Faserbündel rotierendes Prismensystem oder eine rotierende Einzelfaser erreicht. Lichtleitfaserwandler nach diesem Prinzip sind auch bei größeren Stückzahlen teuer und wesentliche Preissenkungen können kaum erwartet werden.

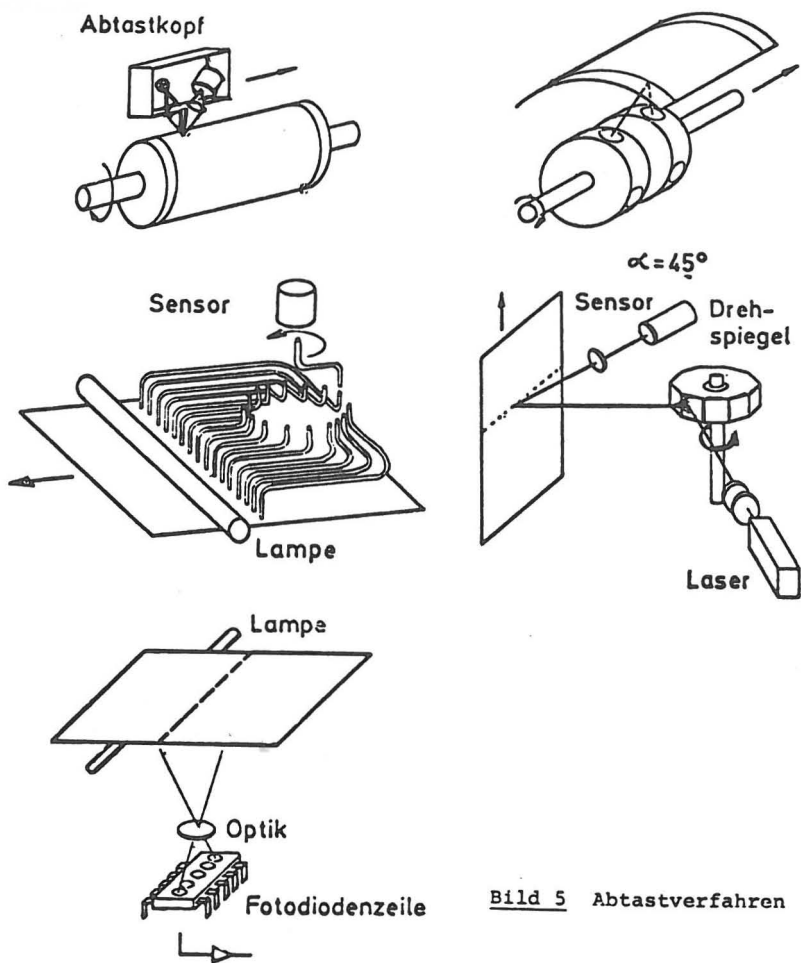


Bild 5 Abtastverfahren

Wegen seines energiereichen, schmalgebündelten Lichtstrahls ist der Laser eine geeignete Lichtquelle für eine Flachbett-Flying-Spot-Abtastung (Bild 5d). Die Strahlablenkung in Zeilenrichtung kann durch mehrflächige Drehspiegel oder Galvano-Schwingspiegel erreicht werden. Wegen des monochromatischen Lichts sind bestimmte Farbtöne nicht erkennbar. So wird beispielsweise das rote Licht des HeNe-Lasers (633 nm Wellenlänge) von roten und gelben Markierungen auf der Vorderlage fast vollständig reflektiert; d.h., diese Farben werden nicht erkannt. Die gesamte Abtasteinheit einschließlich Laser, Dreh- oder Schwingspiegel und aller übrigen optischen Mittel ist heute noch sehr teuer.

Bild 5e zeigt die für zukünftige Geräte sehr aussichtsreiche Abtastung mit einer integrierten Fotodiodenzeile. Die beleuchtete Abtastezeile wird so über ein Objektiv auf die Fotodiodenzeile abgebildet, daß jeder Bildpunkt der Vorlagenzeile auf eine Fotodiodenfläche fällt. Die Helligkeitssignale der Dioden werden elektronisch und sequentiell abgefragt und stehen am Ausgang der Fotodiodenzeile auf einer Videoleitung zur Verfügung. Fotodiodenzeilen sind integrierte Halbleiterschaltungen mit einem Quarzfenster auf der Oberseite. Schaltungen mit bis zu 1872 Dioden auf dem Chip sind heute schon verfügbar, aber noch sehr teuer. Bei Herstellung größerer Mengen wird jedoch eine Preisermäßigung um den Faktor 10 bis 20 erwartet, so daß dann eine einfache und auch preisgünstige Abtastung realisiert werden kann.

4. Aufzeichnungsverfahren und -einrichtungen

Im Bild 6 sind einige wichtige Aufzeichnungssysteme zusammengestellt. Die Trommelaufzeichnung nach Bild 6a, die oft mit der Trommelab-tastung in einem Transceiver kombiniert wird, ist die einfachste und preisgünstigste Art der Aufzeichnung. Durch Anlegen einer Spannung an die Schreibnadel wird die Oberfläche eines mit Metall oder Kunststoff beschichteten Papiers weggebrannt, so daß der schwarze Zwischen-träger erscheint.

Bild 6b zeigt eine Flachbettaufzeichnung, bei der ein umlaufender Zahnriemen 3 Schreibnadeln trägt, die zeilenweise nacheinander über das Papier laufen.

Bild 6c zeigt ein Aufzeichnungsverfahren, das gut mit der Lichtfaserab-tastung in einem Ge-rät kombiniert werden kann. Vollflächig gela-denes Zinkoxyd-Papier wird über eine Glasfaser-anordnung partiell über eine rotierende Einzel-faser entladen. Das System ist für Geräte der Gruppe 2 einsetzbar; es liegt an der unteren Grenze der Geschwindigkeit, die für Geräte der Gruppe 3 notwendig ist.

Für den Fall, daß eine Laserab-tastung verwen-det wird, bietet sich das Aufzeichnungsver-fahren nach Bild 6d an. Ein Laser belichtet über einen Schwing- oder Drehspiegel Dry-Silver-Papier. Das Bild wird durch eine Wärme-entwicklung fixiert. Dieses Verfahren kann Grautöne aufzeichnen. Die Kosten für das Pa-pier sind jedoch hoch.

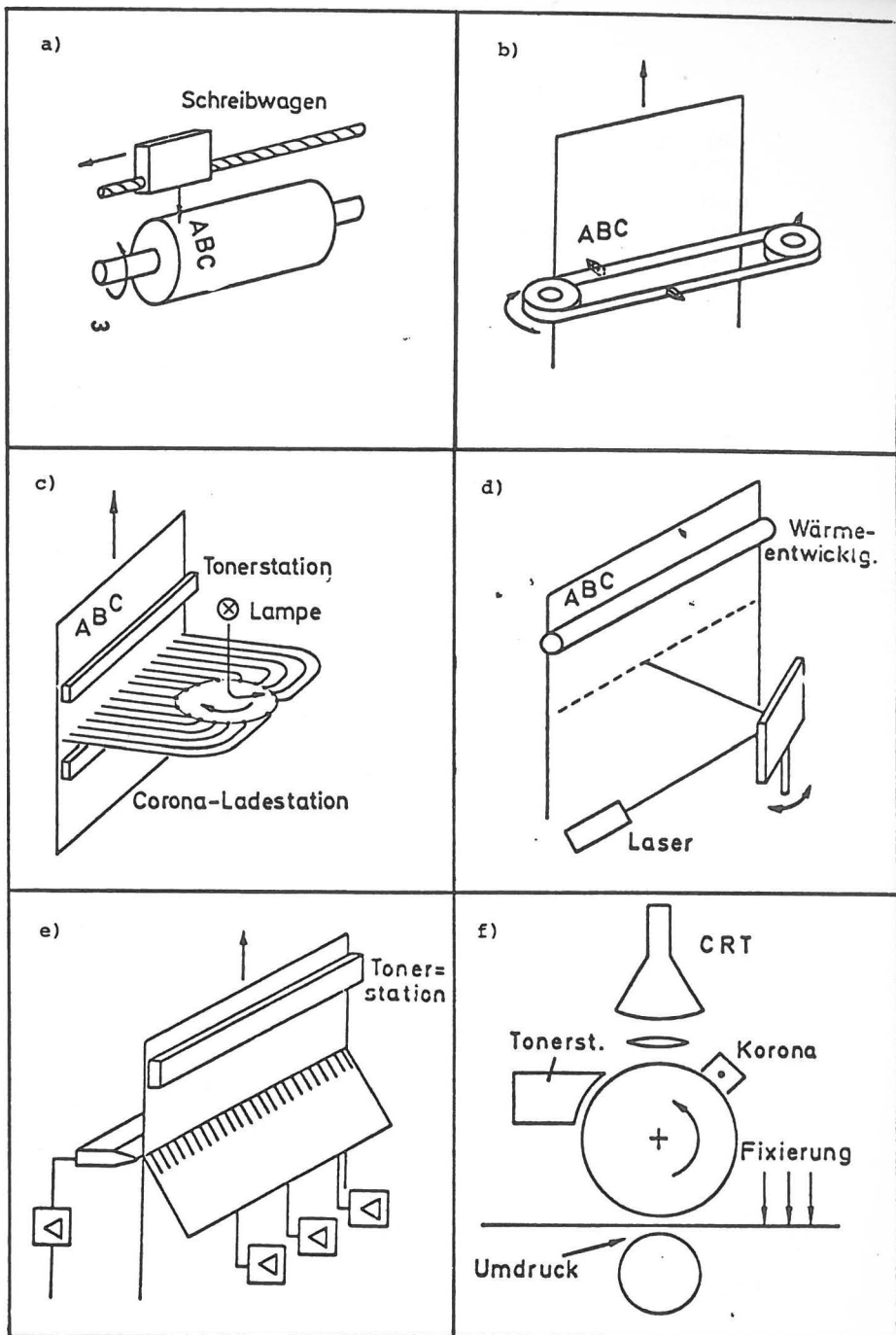


Bild 6 Aufzeichnungsverfahren

Bei dem Verfahren von Bild 6e wird über einen Stiftkamm Ladung auf dielektrisches Papier aufgebracht. Das latente Ladungsbild wird anschließend in einer Tonerstation entwickelt. Außer dem Papiervorschub ist keine mechanische Bewegung nötig. Da bei Ansteuerung jedes einzelnen Stiftes über einen Halbleiterschalter der Aufwand untragbar wäre, wird die Gegenelektrode unterteilt und werden die Stiftelektroden, in Gruppen zusammengefaßt, in einer Koinzidenzschaltung angesteuert. Das Verfahren ist sehr schnell und eignet sich gut für Geräte der Gruppe 3.

Bild 6f zeigt schließlich ein Aufzeichnungsverfahren, das in teureren und vielbenutzten Geräten Verwendung finden kann. Eine mit Selen oder einem organischen Fotohalbleiter beschichtete Trommel wird vollflächig geladen und über eine Kathodenstrahlröhre oder einen Laser partiell entladen. Das latente Ladungsbild wird getonert und auf Normalpapier umgedruckt. Die Systemkosten sind sehr hoch. Positiv ist die Verwendung von Normalpapier. Das System eignet sich von der Geschwindigkeit her gut für Geräte der Gruppe 3.

5. Modulationsverfahren

Im Bild 7 sind die vom CCITT (Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique) für analoge Bürofaksimilegeräte empfohlenen Modulationsverfahren zusammengestellt. Geräte der Gruppe 1 verwenden entweder eine Doppelseitenband-Amplitudenmodulation (AM-DSB) oder eine Frequenzmodulation (FM). Für Geräte der Gruppe 2,

die ein Dokument doppelt so schnell wie die Geräte der Gruppe 1 übertragen können, ist im CCITT eine Einigung über eine Restseitenband-Amplituden- und Phasenmodulation (RSB-AM-PM) erzielt worden. Durch die Umschaltung der Trägerphase bei jedem Weißimpuls wird eine große Unempfindlichkeit gegenüber Störgeräuschen bei der halben Bandbreite der AM-DSB erreicht.

6. Quellencodierung

Die für digitale Bürofaksimilegeräte der Gruppe 3 angestrebte Übertragungszeit von einer Minute je DIN A4-Seite über Fernsprechanäle kann nur erreicht werden, wenn das zu übertragende Informationsvolumen durch Verfahren der Quellencodierung (Redundanzreduktion) reduziert wird. Die Redundanz kann anschaulich als ein Anteil der im Bild enthaltenen Informationen aufgefaßt werden, der aufgrund von Kenntnissen der Signalstatistik bereits bekannt ist und deshalb nicht übertragen zu werden braucht. Man weiß z.B. vorher, daß die schwarzen Punkte eines Faksimilebildes nicht willkürlich auf dem Blatt verteilt sind, sondern Striche und zusammenhängende Konturen bilden. Diese Vorkenntnis drückt sich mathematisch darin aus, daß räumlich benachbarte Bildpunkte statistisch abhängig sind. Kennzeichnend für diese Abhängigkeit ist, daß die Abtastzeilen aus Abschnitten aufeinanderfolgender gleichfarbiger Bildpunkte, den sog. Lauflängen, bestehen und daß die Schwarz-Weiß-Verteilung benachbarter Abtastzeilen sehr ähnlich ist. Die Redundanz eines Signals kann im Quellencodierer eliminiert werden und im Quellendecodierer vollständig wieder

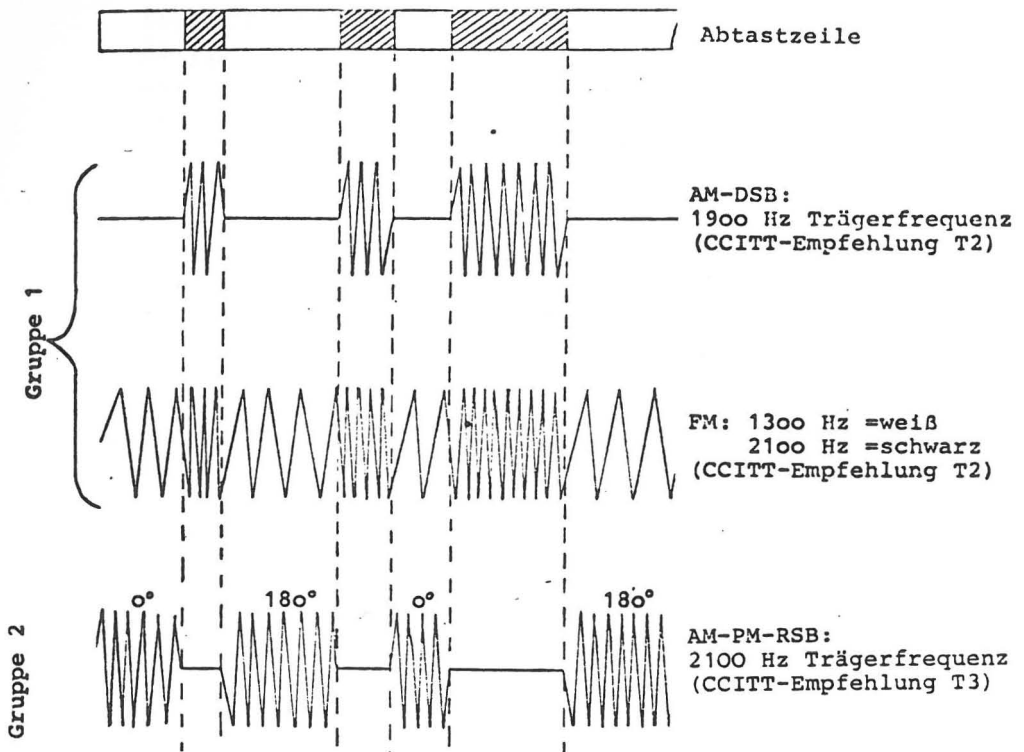


Bild 7 Modulationsverfahren für Dokumenten-Faksimile

hinzugesetzt werden. Über die damit verbundene Reduktion der Bitrate ermöglicht die redundanz-reduzierende Quellencodierung eine Einsparung an Kanalkapazität oder Reduktion der Übertra-gungszeit.

Man unterscheidet zwischen eindimensionalen Lauflängencodierungen und zweidimensionalen Codierungen. Im ersten Fall wird die Zahl der in der Abtastzeile aufeinanderfolgenden gleichfarbigen Bildpunkte durch Codewort übertragen, wobei die codierte Darstellung einer Abtastzeile i.a. wesentlich kürzer ist als die uncodierte Darstellung mit 1 bit/Bildpunkt. Bild 8 zeigt dazu ein Beispiel.

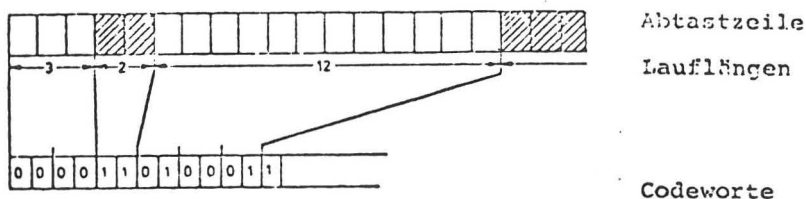


Bild 8 Beispiel für eine eindimensionale Codierung

Die zweidimensionale Codierung von Bild 9 benutzt zur Codierung eines Farbwechsels in der laufenden Abtastzeile einen von zwei möglichen Bezugspunkten, den letzten Farbwechsel der gleichen Zeile oder den entsprechenden Farbwechsel der vorangegangenen Abtastzeile. Der kürzere der beiden Abstände zu diesen Bezugspunkten, d.h. entweder die Lauflänge oder die Lauflängendifferenz, wird codiert und übertragen.

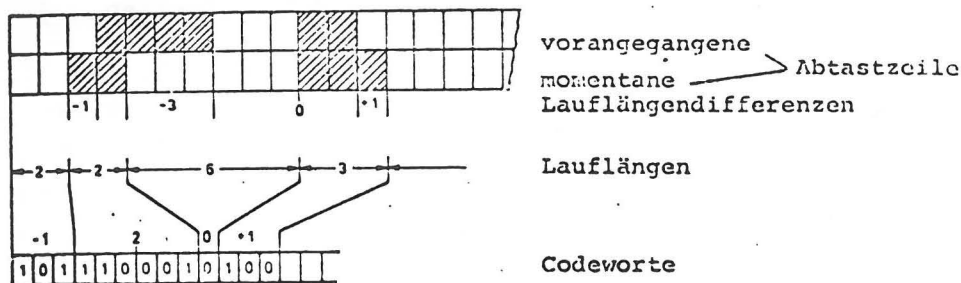


Bild 9 Beispiel für eine zweidimensionale Codierung

Im Bild 10 sind für 8 Testdokumente und die Auflösungen 1728 Bildpunkte/Zeile und 3,85 Zeilen/m bzw. 1728 Bildpunkte/Zeile und 7,7 Zeilen/mm die Übertragungszeiten mit einer eindimensionalen und einer zweidimensionalen Codierung gegenübergestellt. Die kürzesten Übertragungszeiten werden für solche Dokumente erreicht, die wenige Schriftzeilen oder Konturen enthalten, wie z.B. ein Geschäftsbrief (Dok. 1) oder Zeichnungen (Dok. 2 und Dok. 6). Vollgeschriebene Textseiten benötigen dagegen wesentlich längere Übertragungszeiten, die bei der hohen vertikalen Auflösung von 7,7 Zeilen/mm im Bereich von 2 bis 3 Minuten liegen können (Dok. 4 und Dok. 7). Bemerkenswert ist auch, daß die zweidimensionale Codierung für Schriftvorlagen und für die vertikale Auflösung 3,85 Zeilen/mm nur unwesentlich kürzere Übertragungszeiten ergibt als die eindimensionale Codierung (Dok. 1, 4, 7). Der Einsatz eines

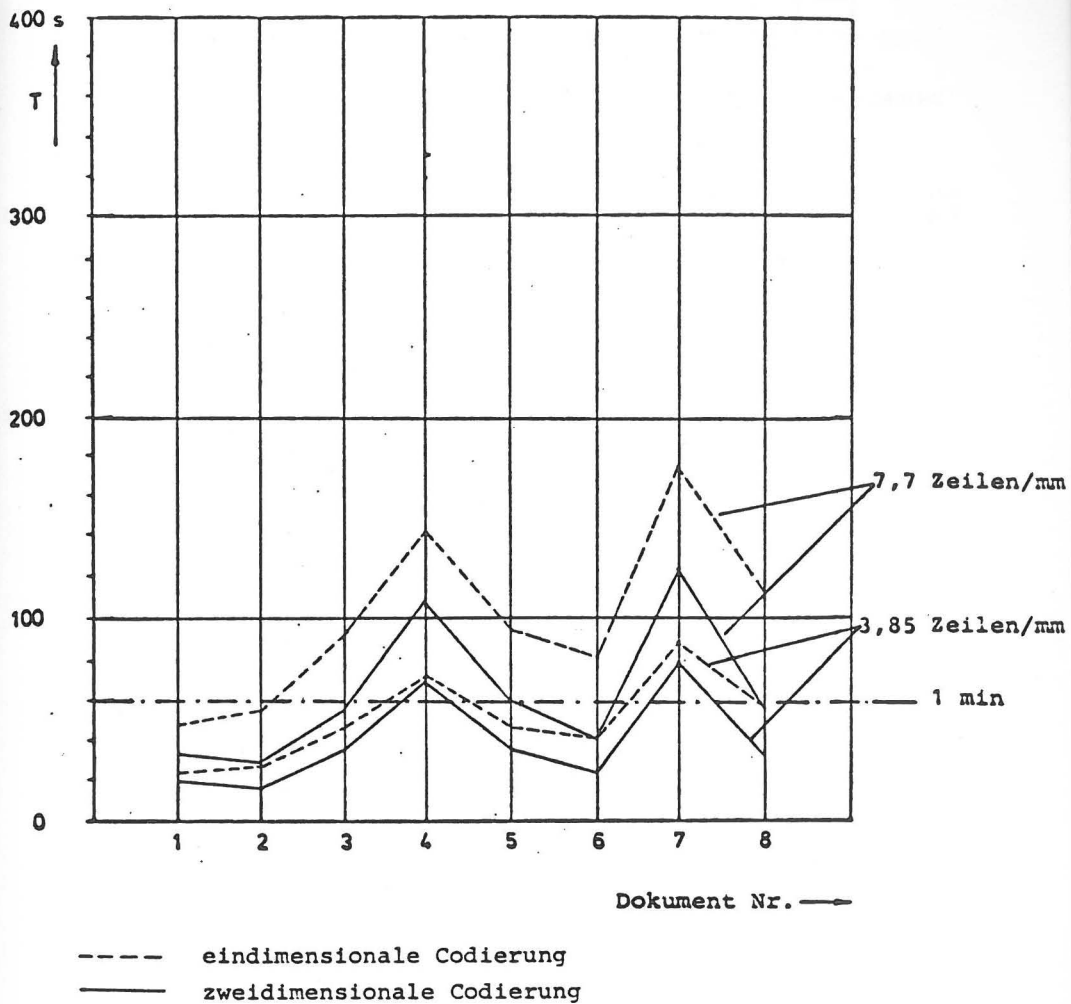


Bild 10 Übertragungszeit für einen eindimensionalen und einen zweidimensionalen Code je DIN A4-Seite

Auflösung: 1728 Bildpunkte/Zeile
3,85 und 7,7 Zeilen/mm

Bitrate: 4800 bit/s

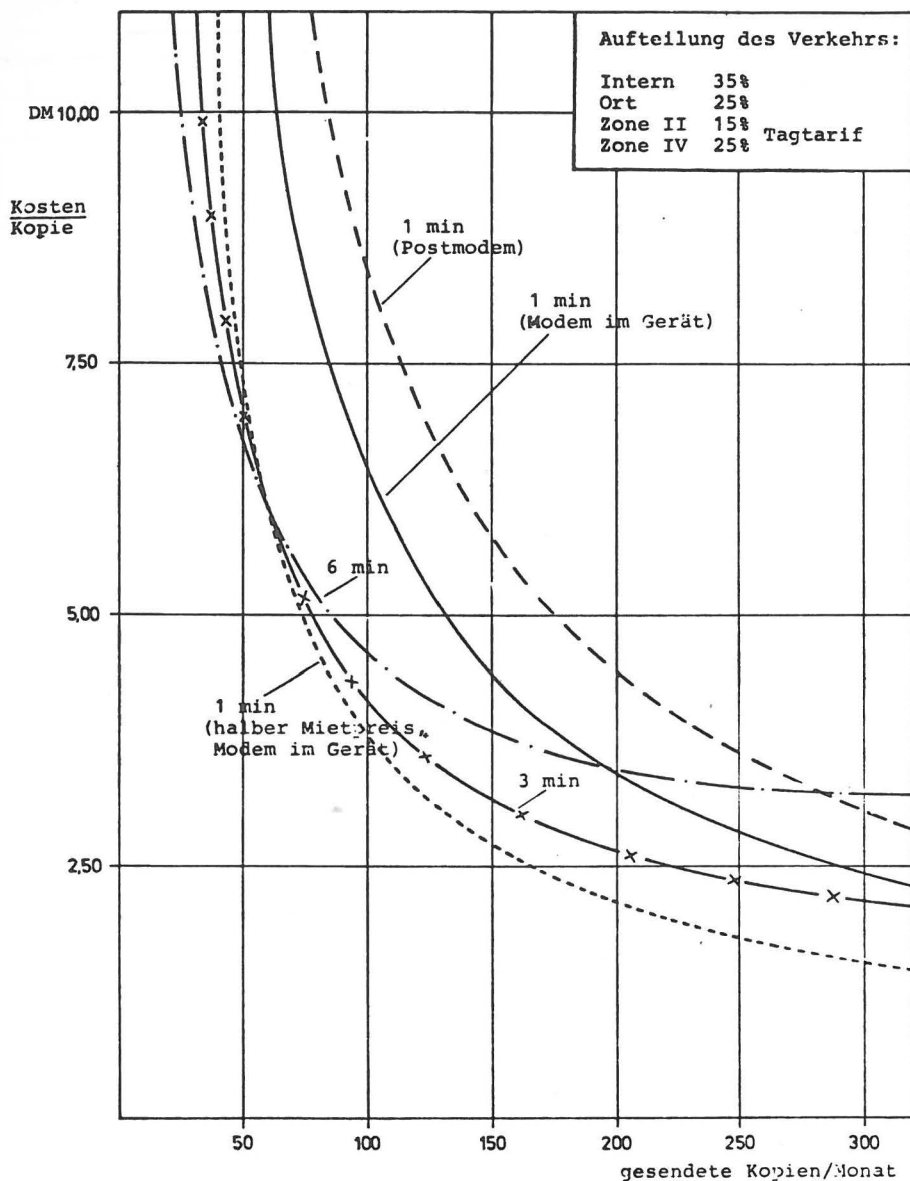


Bild 11 Kostenvergleich zwischen verschiedenen Büro-
faksimilegeräten

komplexeren und aufwendigeren zweidimensionalen Codierungsalgorithmus lohnt sich erst für die hohe vertikale Auflösung. Dazu kommt, daß zweidimensionale Codierungen wesentlich anfälliger gegen Übertragungsbitfehler sind als eindimensionale Verfahren. Aus diesen Gründen wird im CCITT zunächst die Standardisierung einer eindimensionalen Lauflängencodierung für digitale Bürofaksimilegeräte angestrebt.

7. Kosten und Marktsituation

Die Übertragungskosten je gesendete Kopie setzen sich aus den Kosten für Miete und Wartung des Gerätes und den Übertragungsgebühren zusammen. Bild 11 zeigt die Übertragungskosten verschiedener Bürofaksimilegeräte für ein Beispiel mit 60 % Nahverkehrs- und 40 % Fernverkehrsaufkommen. Unter den heutigen auf dem Markt befindlichen Geräten sind die 3-Minuten-Geräte der Gruppe 2 für die angenommene Verkehrsaufteilung die günstigste Alternative. Die 6-Minuten-Geräte zeigen vergleichbare Übertragungskosten wie die 3-Minuten-Geräte bei geringerem Übertragungsvolumen. Bei mehr als 50 Kopien pro Monat werden sie unwirtschaftlicher.

Lediglich bei einem hohen Fernverkehrsanteil oder bei großem Übertragungsvolumen sind die digitalen 1-Minuten-Geräte der Gruppe 3 wirtschaftlicher. Bei mittlerem Fernverkehrsanteil oder geringerem Übertragungsvolumen haben diese Geräte einen zu hohen Mietkostenanteil je Kopie, während der Gebührenanteil kaum noch ins Gewicht fällt. Bild 12 zeigt dazu die Kostenaufteilung anhand eines Beispiels für die 3 Gerätetypen.

Gerätetyp	Mietanteil	Gebührenanteil	Gesamtkosten
6 min.	2,15	2,50	4,65
3 min.	2,90	1,30	4,20
1 min.	6,00	0,50	6,50

Übertragungsvolumen: 100 Kopien/Monat

Verkehrsaufteilung: 35 % Intern
25 % Ort
15 % Zone II Tagtarif
25 % Zone IV

Bild 12 Aufteilung der Kosten je Kopie

Für eine weitere Verbreitung der digitalen Geräte ist es daher erforderlich, daß insbesondere die Herstellkosten und damit die Mietpreise entscheidend gesenkt werden, z.B. durch die Verwendung neuer integrierbarer Abtast- und Aufzeichnungssysteme und von Mikroprozessoren für die Elektronik. Ebenso wichtig ist die Verwendung eines kostengünstigen, integrierten Modems in den Geräten. Die Miete für einen Postmodem oder die Anschlußgebühr für ein Datennetz würden in dem obigen Beispiel z.Z. Mehrkosten von DM 2,-- je Kopie verursachen. Bei einem angenommenen halben Mietpreis und mit einem in das Gerät integrierten Modem wäre ein digitales 1-Minuten-Gerät, unabhängig vom Übertragungsvolumen, die wirtschaftlichste Lösung für die Zukunft (Bild 11).

Nach Angaben der Hersteller und der Bundespost waren am Ende des Jahres 1975 in der BRD ca. 2800 Bürofaksimilegeräte im Einsatz, von denen etwa 75 % der Gruppe 1 angehören. Bild 13 zeigt die Entwicklung des Marktes in der BRD in den letzten Jahren. Es ist beachtlich, daß die Zahl der Geräte im Jahre 1975 trotz der relativ hohen Übertragungskosten um mehr als das Doppelte gewachsen ist. Ein großer Anteil dieses Zuwachses (etwa 700 Geräte) besteht aus Geräten der Gruppen 2 und 3, die erst seit Mitte 1974

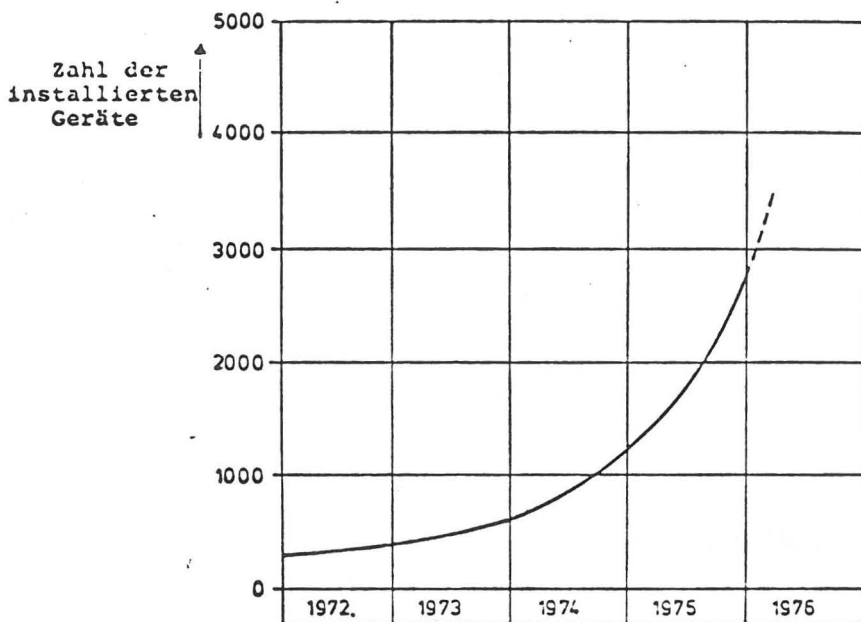


Bild 13 Zeitliche Entwicklung der Zahl der in der Bundesrepublik installierten Büro-faksimilegeräte

auf dem Markt sind. In naher Zukunft wird vor allem eine zunehmende Verbreitung der 3-Minuten-Geräte der Gruppe 2 erwartet, die z.Z. für viele Anwender am kostengünstigsten sind. Der Marktanteil der digitalen 1-Minuten-Geräte wird entscheidend von der Kostenentwicklung für diese Geräte beeinflußt. Für eine weitere Verbreitung ist erforderlich, daß vor allem die Herstellkosten vermindert werden.

Müssen neue Drucktechnologien immer gleich Konfrontation bedeuten?

Obering. K.-A. Springstein, Hamburg

Im privaten wie im geschäftlichen Leben gibt es eine uralte Weisheit: "Hinterher weiß man es immer besser!" Das ist nicht anders als eine andere Formulierung des gleichen Sachverhalts, nämlich die: "Durch Erfahrung wird man klug". Heute wissen wir aber, daß solche Weisheit nicht mehr generell gültig ist. In früheren Zeiten vollzogen sich technische Entwicklungen langsam genug, um aus Erfahrungen lernen zu können. Heute jedoch folgen sich gesetzmäßig technische Entwicklungen bereits so schnell, daß sowohl die einzelnen Menschen als auch Industriebetriebe in Schwierigkeiten geraten, wenn sie sich auf die permanenten Veränderungen einzustellen versuchen. Mehr noch, der heutige Stand der Technik erlaubt es, ohne Experimente und ohne das Erleben von Irrtümern - also ohne den Prozeß der Erfahrung - Geräte, Maschinen usw. und sogar ganze Systeme theoretisch im voraus zu konzipieren, die dann auf Anhieb funktionieren. Markante Beispiele dafür sind die Atombombe und das Kernkraftwerk. Damit sind wir heute praktisch in der Lage, nahezu alles machen zu können, wenn wir es wollen und wenn das nötige Geld dazu vorhanden ist, wie z. B. mit einem Auto auf dem Mond herumzufahren oder nachzusehen, ob es auf dem Mars Leben geben könnte. Diese Situation kann man durch einen Slogan der Elektronikindustrie kennzeichnen, der sicher aber auch anderswo

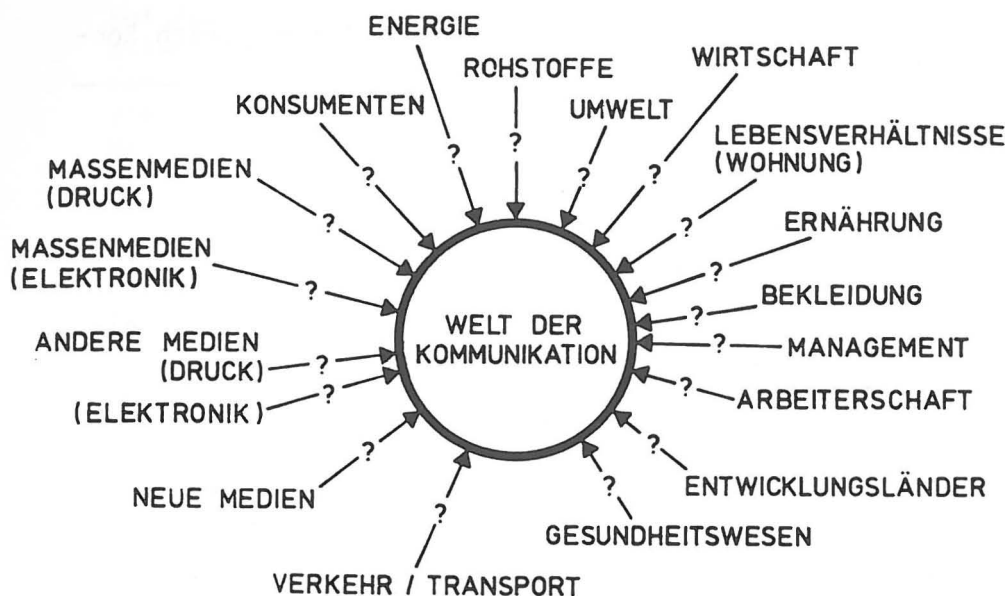


Bild 1

Gültigkeit hat: Am Ende einer Entwicklung sind wir noch lange nicht am Ende! Mit anderen Worten, die heute verfügbare Technik ermöglicht es uns, anders als in früheren Jahren und ohne Erfahrungen machen zu müssen, sehr viel riskantere Projekte zu verwirklichen, die dann allerdings auch größere Gefahren (in verschiedenster Hinsicht) in sich bergen, wenn sie versagen sollten. Das gilt für alle Gebiete der Technik, also auch für die grafischen Techniken, von denen wir des längeren wissen, daß wir sie nicht isoliert sehen dürfen, sondern in Zusammenhang mit den Techniken der Welt der Kommunikation und der Information. Diese Welt sieht sehr kompliziert aus, und noch komplizierter ist es, zu verstehen und zu begreifen, was in ihr vorgeht, Bild 1. Das ist völlig analog zum

sogenannten Mehrkörperproblem der Physik, das sich bekanntlich nicht exakt lösen läßt und bei dessen näherungsweise Behandlung die Hilfsmittel der sogen. Störungstheorie eine wichtige Rolle spielen. Wenn wir uns aber darauf beschränken und heute nur nach möglichen neuen Drucktechnologien fragen, dann ist das gewissermaßen eine Reduzierung des Mehrkörperproblems auf ein weniger kompliziertes Problem. Ohne auf Einzelheiten hier näher einzugehen, sei gesagt, daß es sich zeigen läßt, daß eine solche Vereinfachung durchaus zulässig ist, ohne daß unser System (Bild 1) dadurch durcheinander gebracht wird.

Betrachten wir dazu einmal die traditionellen Drucktechniken als ein System A und die elektronischen Techniken als ein System B. In jedem der beiden Systeme muß es dann Kräfte geben, die jedes System als solches in sich selbst weiterentwickeln. Im Hinblick auf System A ist das identisch mit der Frage: Wie sieht die Fortentwicklung der Drucktechnologien aus, wenn man allein von den bislang existierenden Drucktechniken ausgeht? So vorzuziehen hieße aber, den Einfluß des Systems B zu ignorieren. Bei zwei Systemen haben wir es immer mit Wechselwirkungen zu tun, und außerdem kann eins der beiden Systeme - aus was für Gründen auch immer - sowohl in sich als auch in bezug auf das andere wirkungsvoller sein. Wie sollen oder müssen wir also vorgehen? Nach den Gesetzmäßigkeiten des technischen Fortschritts gerät jede technische Entwicklung irgendwann einmal in die sogen. Phase der Stagnation, Bild 2. Aber ebenso gesetzmäßig setzt mehr oder weniger rechtzeitig eine neue tech-

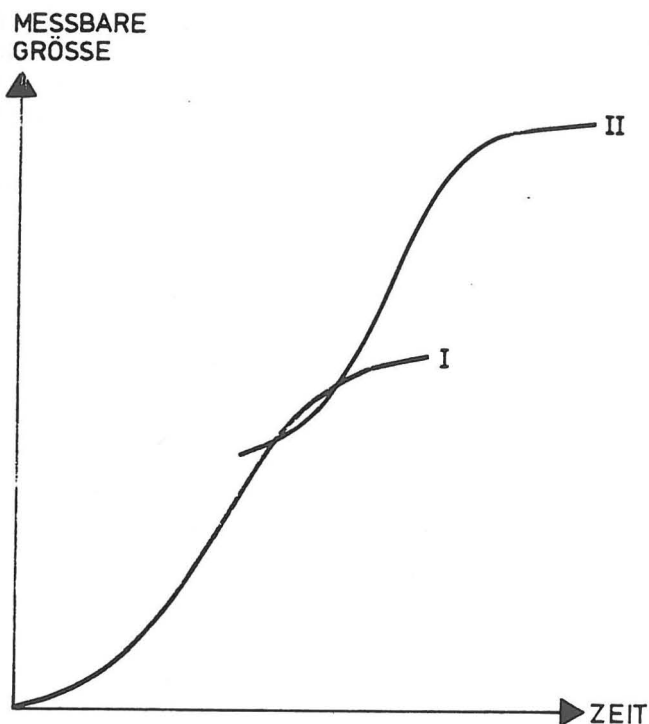


Bild 2

nische Entwicklung ein, die das Problem weiter vorantreibt. Dabei passiert etwas sehr Bemerkenswertes. Eine bislang vorhandene Technologie wird durch eine völlig neue und andersartige Technologie abgelöst.

Beispiele dafür:

Der mechanische "Winker" beim Auto wurde durch elektrisches Blinklicht abgelöst, der Propellerantrieb bei Flugzeugen durch den Düsenantrieb, der mechanische Motorwähler in der Fernsprech-

vermittlungstechnik durch die elektronische Vermittlungstechnik, die mechanische Nummernscheibe am Telefonapparat durch elektrische Drucktasten, die mechanische und manuelle Kontenführung durch die elektronische Computerspeicherung, usw. usw.

Wenn man Eisenbahnzüge noch schneller fahren lassen will, dann muß man die Technologie des Radantriebes durch eine völlig neue Antriebstechnologie substituieren.

Was aber kann beim Drucken passieren, wenn man Neues will oder wenn Neues - aus irgendwelchen Gründen - kommen muß? Ohne hier näher darauf einzugehen, weshalb man durch eine Analyse innerhalb des Systems A nur schlecht oder gar nicht zu Antworten kommen kann, soll ein anderer Weg vorgeschlagen werden. Dieser kommt keineswegs von ungefähr, sondern er orientiert sich an einem klassischen Beispiel. Das geht so: Bis zu einem Jahre 1846 kannte man unser Sonnensystem bis zum Planeten Uranus. Dieser aber wies in seinem Lauf Störungen auf, die sich nicht durch Wirkungen innerhalb des bekannten Systems erklären ließen. Also mußte außerhalb des bekannten Systems irgendetwas vorhanden sein, das diese Störungen bewirkte. Anhand dieser Störungen berechnete der französische Astronom Joseph Leverrier in Paris die Bahn eines solchen Störenfriedes und schrieb das seinem Freund Johann Gottfried Galle in Berlin. Und dieser entdeckte dann am 23. September 1846 exakt an der von Leverrier vorausberechneten Stelle den Planeten Neptun.

Damit will ich ganz grob, und in Anführungszeichen gesprochen, sagen, wenn man nun umge-

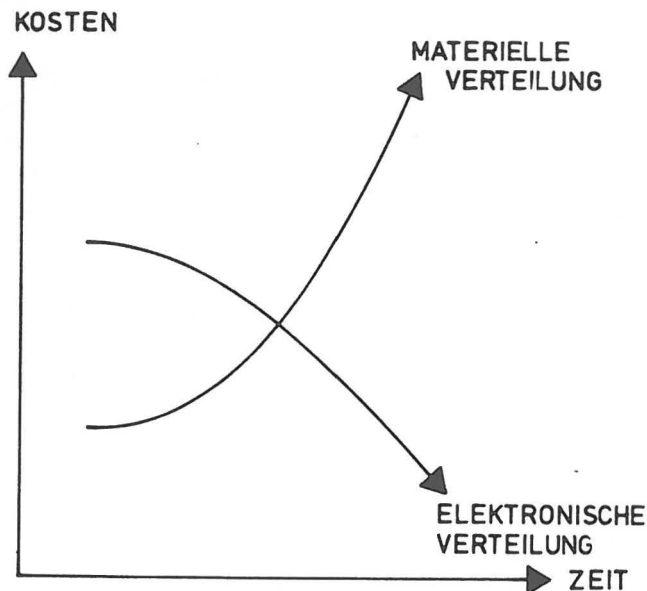


Bild 3

kehrt "Störenfriede" oder gar ein anderes System B außerhalb des eigenen Systems A kennt, dann kann man sich Vorstellungen davon machen, wie Wirkungen von außen her aussehen und wie sie möglicherweise Folgen haben können. Dabei muß ausdrücklich festgehalten werden, daß solche Betrachtungen nichts mit Futurologie zu tun haben, da ausschließlich von Fakten ausgegangen wird.

Was sind nun die Fakten im System B? Der Kürze der Zeit wegen wollen wir uns hier nur auf einige wenige beschränken. Zunächst einige wirtschaftliche Fakten.

- 1)
Die physische Verteilung von materiell gespeicherter Information - also von Gedrucktem - wird immer teurer, und zu bestimmten Zeiten ist

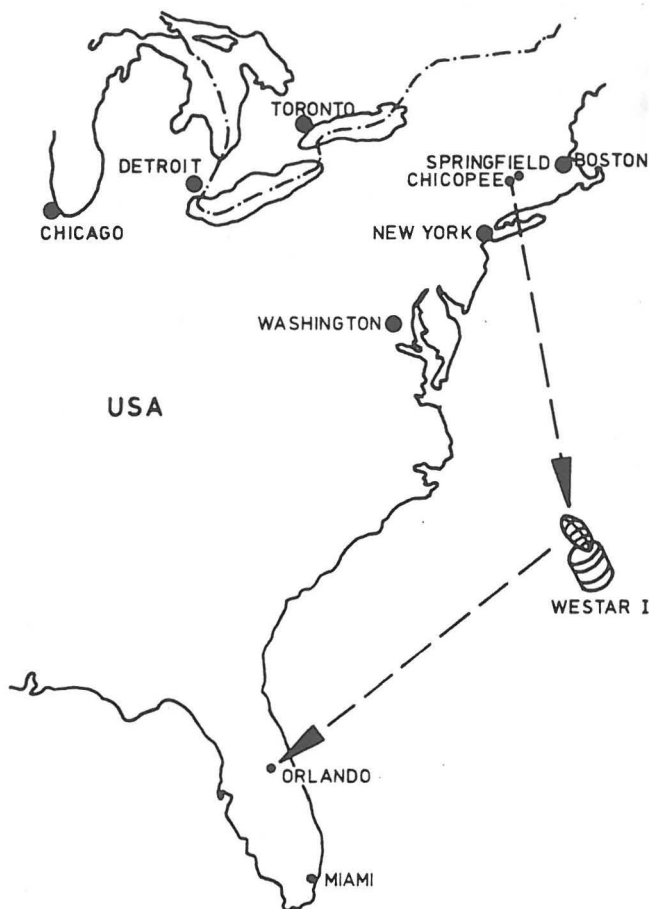


Bild 4

an bestimmten Orten überhaupt keine sinnvolle Verteilung mehr möglich (ruhender Verkehr). Dagegen wird die elektronische Verteilung von Informationen nicht nur immer billiger (Bild 3), sondern auch immer verkehrsfreundlicher (z.B. Fernsatz der Zeitung "The Wall Street Journal" über den Satelliten Westar I, Bild 4).

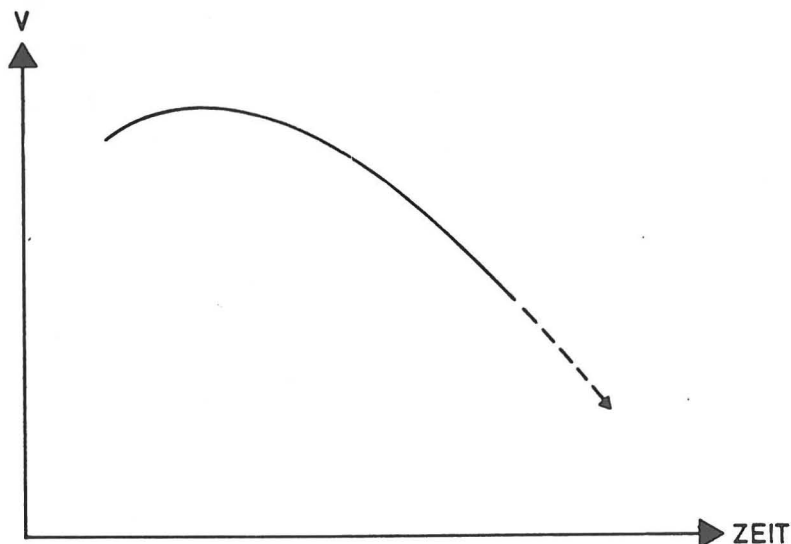


Bild 5

2)

Die traditionellen Maschinen zur Speicherung von Information - also Druckmaschinen - werden immer monströser und teurer (z. B. die Maschinen-Giganten bei SPRINGER, MADSACK usw.), dagegen werden die Geräte zur elektronischen Informationsspeicherung immer kleiner im Volumen (z. B. IBM System 32, Taschenrechner usw., siehe Bild 5) und immer billiger.

3)

Der Produktionswert von Zeitungen + Zeitschriften überstieg bereits im Jahre 1974 den Produktionswert von z. B. Farbfernsehempfängern um mehr als eine halbe Milliarde DM, Bild 6. Was steckt jedoch dahinter? Wirtschaftlich gesehen

MRD DM PRODUKTIONSWERT IN DER BRD

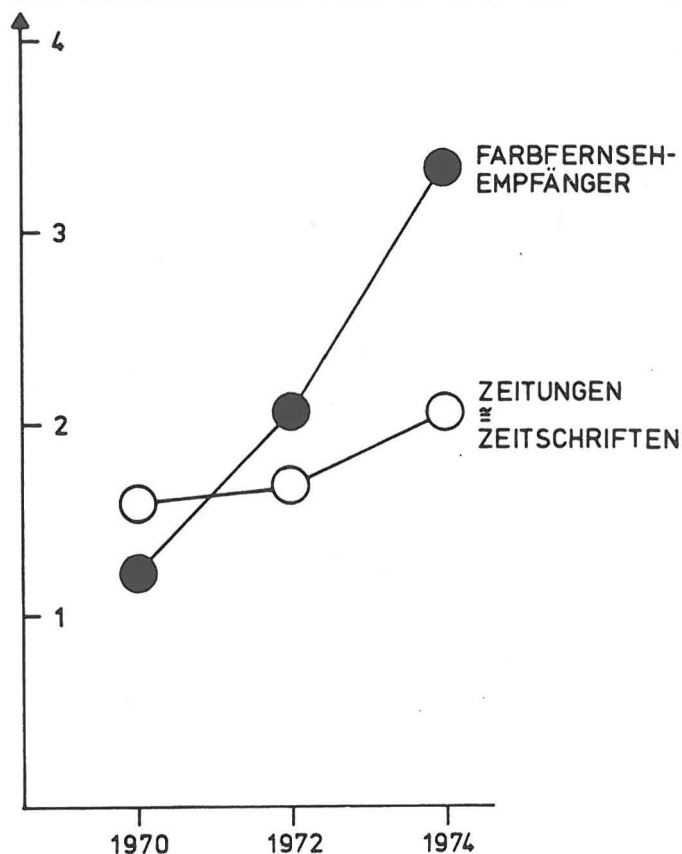


Bild 6

handelt es sich um industriell hergestellte Erzeugnisse. Die einen Erzeugnisse werden jedoch nach dem Informationskonsum mehr oder weniger schnell weggeworfen (= Wegwerfkommunikation), wogegen die anderen zum dauerhaften Informationskonsum bestimmt sind. Dank Weltraumtech-

nik (oder wie man das sonst noch nennen mag) ist die Dauerhaftigkeit (neben anderen Eigenschaften) elektronischer Geräte eine Eigenschaft, die volkswirtschaftlich nicht einfach wegdiskutiert werden darf. Demzufolge gibt es zwangsläufig Sättigungserscheinungen - jeder hat schließlich genügend elektronische Geräte, vom Farbfernsehempfänger über das Autoradio bis hin zur Quarzuhr. Da man es sich aber wohl nicht wird leisten können, derartige Industrien, mit vielfach mehr Menschen und Investitionen als in der grafischen Industrie, in wirtschaftliche Krisen geraten zu lassen, besteht ein permanenter Zwang zu neuen Technologien, Geräten und Verfahren. Unter solchen Aspekten ist dann z. B. ein Breitbandkommunikationsnetz nur eins von mehreren Vehikeln für solcherart Neues und nicht etwa nur für noch mehr Fernsehen, wie viele glauben.

In diesem Sinne ist also der Trend der Elektro- nisierung nichts anderes als eine der gesetzmäßigen Folgen des technischen Fortschritts, der unaufhaltsam seiner Verwirklichung in allen Lebensbereichen zustrebt, und zwar nach einer Exponentialfunktion. Und wenn man solchen Gesetzmäßigkeiten glauben darf, dann muß es sie irgendwann einmal auch beim Drucken geben. Und weiter: Wenn das so ist, dann wäre es sträflich leichtsinnig, sich nicht schon frühzeitig damit zu beschäftigen und darauf einzustellen. Dabei gibt es naturgemäß eine Schwierigkeit bzw. ein Hindernis: Die Psyche des Menschen stemmt sich dagegen, sich mit Problemen und Verfahren vertraut zu machen, die ihm fremd oder neuartig und damit unbequem oder sogar unangenehm sind. Das ist nicht neu. Es hat sich

aber bislang immer gezeigt, daß dann, wenn ein Individuum oder eine Branche neue Entwicklungen nicht oder nur ungenügend folgte, andere gekommen sind, die dann die neuen Funktionen übernommen haben. Das sollte zu denken geben.

Was geht nun im System der Elektronik vor? Dazu nur einige wenige Beispiele. In den folgenden Bildern werden einzelne oder mehrere Menschen gezeigt, die in ganz bestimmten Situationen tätig sind:

Ein Mann in der Maschinen-Zentrale eines Hapag-Lloyd-Schiffes,

ein Mann in der Warte eines Wasserversorgungswerkes,

zwei Mann in einer Lastverteiler-Warte für eine Erdgasversorgung,

drei Mann in der Prozeßwarte eines Industriebetriebes,

zwei Mann in der Lastverteiler-Warte eines Elektrizitätswerkes,

ein Mann in der zentralen Steuerwarte eines Kalkwerkes

und einige Leute im Operation Center der schnellsten Züge der Welt, der HIKARI-Züge, in Tokyo.

Alle diese Bilder haben eine gemeinsame technische Aussage: Mit zunehmender Automatisierung wird die Entfernung des Menschen zum Ort des Geschehens immer größer, Bild 7.

**ENTFERNUNG DES MENSCHEN
VOM ORT DES GESCHEHENS**

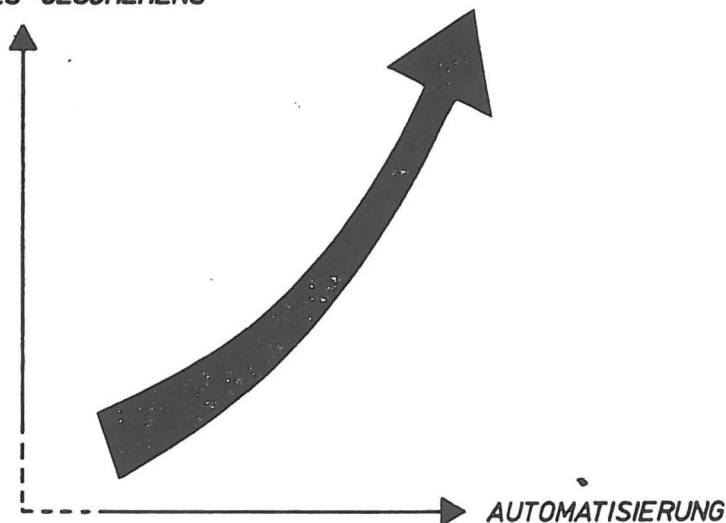


Bild 7

Den Extremfall zeigen die folgenden Bilder:

Der Radar-Lotse, der ein weit entfernt fliegendes Flugzeug sicher auf seinen Kurs leitet, oder
ein Weltraum-Kontrollzentrum (wie hier das ESRO-Zentrum in Darmstadt), das über noch weitere Entfernungen das Geschehen steuert.

Aber noch eine sehr wichtige Aussage steckt in all diesen Bildern: Überall, wo automatisiert wird, gibt es mehr oder weniger ausgedehnte separate Kommunikationssysteme, die im wesent-

lichen mit elektronischen Mitteln und Verfahren funktionieren. Für solche mehr oder weniger großen Systeme gibt es selbstverständlich auch das Erfordernis der ständigen Weiterentwicklung durch neue Technologien usw. Schließlich bergen viele (nicht alle!) separaten Kommunikationssysteme als einen weiteren Schritt zur Rationalisierung die Möglichkeit in sich, separate Netze zu Verbundnetzen zusammenzuschließen. Auch dieser Trend ist längst verschiedenorts im Gange. Als Beispiel dafür die Buchungszentrale der JAL in New York, wo nur noch mit Bildschirm-Terminals gearbeitet wird.

Wie dem auch sei: Als Folge solcher Entwicklungen gibt es immer mehr und immer mehr leistungsfähige elektronische Geräte und Systeme.

Und ganz logisch: Für alle solchen Entwicklungen wird die Industrie, die dahinter steckt, weitere und immer neue Anwendungen in anderen Gebieten suchen. Es wäre töricht, zu glauben, irgendwer könnte solche Vorgänge stoppen oder gar bestehende Geräte (wie etwa die Computer) wieder abschaffen.

Als ein Beispiel dafür, mit welcher ungeheuren Leistungsfähigkeit diese Elektronik-Industrie in der Lage ist, ihre Erzeugnisse zu multiplizieren, sei gezeigt, wie integrierte Schaltungen am laufenden Band meterweise zum Einsatz kommen. Wer wollte solche technologischen Errungenschaften stoppen, eingedenk des eingangs zitierten Slogans: Am Ende einer Entwicklung sind wir noch lange nicht am Ende!?

Doch was hat das nun mit Drucken zu tun? Das ist jetzt beinahe leicht zu sagen. Mit solchen Technologien sind bislang ungekannte Informationsverfahren möglich, die dann aber eine unmittelbare und sichtbare Informationsspeicherung erfordern.

Als Beispiel dazu:

Das Computer-Röntgenbild aus dem Gehirn (SIEMENS),

sichtbar gemacht durch Digitalisierung der Bildinformation auf einem Bildschirm.
Oder: Die holografische Speicherung von Informationen (SIEMENS) mit einer Speicherplatte, auf der 32 x 32 Sub-Hologramme untergebracht sind, von denen jedes nur 2 mm² beansprucht, mit einem Informationsinhalt von 150 x 150 bit, gelesen mit einem Laserstrahl (SIEMENS-Apparatur), gibt es wieder sichtbare und lesbare Informationen.

Oder als ein weiteres Beispiel: die Farbcodierung der elektromagnetischen Strahlung des kleinen Planeten Nebula NGC 6543 (Foto ROHDE & SCHWARZ).

Wie nun solche elektronischen Bilder gedruckt werden, soll an einem weiteren Beispiel gezeigt werden. Natürlich denkt dabei niemand daran, eine Druckform im traditionellen Sinne herzustellen. Andere Verfahren dazu laufen darauf hinaus, die winzigen elektrischen Signale unmittelbar in Farbsignale z. B. auf Papier umzuwandeln. Eins dieser außerordentlich effektvollen Verfahren dazu ist das sogenannte Ink-Jet-Verfahren.

Am Beispiel des SICOGRAPH-Gerätes (SIEMENS) beim Einsatz in der Nuklearmedizin ist zu sehen, wie die sogenannten Scintigramme entstehen. Rechts im Bild ist der Ink-Jet-Drucker zu sehen, mit dem durch winzige Düsen Farbe auf Papier übertragen wird. Im Prinzip ist das genau dasselbe wie wenn man mit einer Farbspraydose Farbe spritzt.

Bei solchen Verfahren ist zur Übertragung von Farbe auf irgendeinen Bedruckstoff natürlich keine Druckform erforderlich. So tritt dann bei allen elektronischen Drucktechnologien nirgends mehr ein Mensch in Erscheinung, der irgendetwas verbessern könnte, der aber auch nichts verderben kann.

Das nächste Bild zeigt ein Scintigramm im Format 32 cm x 32 cm, das in etwa 80 Sekunden entstanden ist. Über die Bedeutung derartiger Dokumente, die auf keine andere konventionelle Weise gedruckt werden können, gibt es überhaupt keine Diskussion.

Nun braucht man aber nicht nur eine oder mehrere wenige Düsen verwenden, man kann sie wie die Zähne eines Kammes in einer Zeile anordnen (MEAD DIGITAL SYSTEM), 4 Düsen pro Millimeter.

Eine solche Zeile ist dann nichts anderes als ein regelrechtes Druckwerk, mit dem dann auch eine Rotations-Druckmaschine gebaut werden kann (MEAD DIGITAL SYSTEM). Solche Rotationsmaschinen arbeiten heute schon in der Praxis.

Was kann man mit solchen Maschinen heute drucken?

Man kann Briefe drucken, z. B. 20 völlig verschiedene Briefe pro Sekunde, so daß es schon wieder ein neues Problem gibt, wie man so viele Briefe pro Sekunde ebenso schnell in Briefumschläge bekommt,
man kann große Schriften drucken,
man kann Grafiken drucken,
man kann die verschiedenste Reklame drucken,
man kann letzte Meldungen oder last prices irgendwo eindringen.

Das alles geht bei Papiergeschwindigkeiten, die in der gleichen Größenordnung liegen, wie wir sie heute bei traditionellen Rotationsmaschinen kennen.

Es gibt nur ein paar Unterschiede: Man braucht keine Druckformen anfertigen, die Farbübertragung erfolgt berührungslos, der Transport des zu bedruckenden Materials ist unabhängig vom Druckvorgang, die Oberfläche des zu bedruckenden Materials kann irgendwie gestaltet sein - die Farbe dringt in Falten und Poren, der Druckvorgang verursacht keinen Krach, und wer eine solche Maschine betreiben will, braucht nicht jahrelang eine Druckerausbildung durchzumachen und er braucht auch keiner Gewerkschaft anzuhören.

Mancher mag noch immer denken, das sei alles technische Spielerei. Wenn er aber z. B. nach Japan geht, dann kann er dort auch Faksimile-Geräte in Betrieb sehen, die mit Ink-Jet-Verfahren arbeiten.

.

Eins solcher Geräte stammt von TOSHIBA. Wie ein Output eines solchen Gerätes aussieht, zeigt das nächste Bild, und schließlich noch ein Mikrofoto dieses Outputs.

Und wenn man in Japan zum anderen Elektronik-Giganten MATSUSHITA geht, dann kann man Farbdrucke mit dem Ink-Jet-Verfahren sehen, die von Einzelbildern aus einer Farbfernsehsendung gedruckt werden.

Die Elektronik-Industrie hat jedoch noch mit weiteren Neuheiten aufzuwarten. Eine davon, von der Fachleute sagen, sie könne unser Leben ähnlich verändern, wie es der Transistor getan hat, sind die sogenannten CCD, charge-coupled devices, von denen auch der SPIEGEL vergangenes Jahr in seiner Nr. 13 berichtete. Näher darauf einzugehen, würde hier viel zu weit führen, aber wie ein solches Gebilde aussieht, ist im nächsten Bild zu sehen, bei dem 1728 lichtempfindliche Halbleiterelemente (Größe 13 My x 17 My) in einer Zeile angeordnet sind, Fa. FAIRCHILD.

Tastet man damit eine Bildvorlage wie in einem Scanner oder Faksimilegerät ab, dann gibt es wiederum elektrische Signale, die entweder ein Fernsehbild ergeben oder die z. B. irgendein Ink-Jet-System ansteuern können.

Mit CCD erzeugte Bilder sind im nächsten Dia zu sehen. Das Bild links oben ist die Originalvorlage. Rechts daneben ein mit normaler Beleuchtung gewonnenes Bild. Die beiden anderen sind bei jeweils 1000-fach geringerer Beleuchtungsstärke entstanden.

Schließlich sei noch gezeigt, wie heute eine Fernsehkamera in dieser Technologie aussieht.

Wie diese Beispiele gezeigt haben, vollzieht sich infolge neuer elektronischer Drucktechnologien noch ein sehr bemerkenswerter Wandel. Haben wir es bei den klassischen Druckverfahren mit einer direkten Speicherung von Informationen durch den Druckvorgang auf Papier zu tun, so gerät das Papier bei den neuen Drucktechnologien zunehmend in die Rolle eines Ausgabe-(Output)-Materials für neue Speicher, die keine Druckformen im klassischen Sinne mehr sind.

Ferner zeigen diese wenigen Beispiele, wie sich die Elektronik-Industrie anschickt, völlig neue Drucktechnologien zu praktizieren. Sicher stehen wir bei manchem Neuen noch an den Anfängen der Entwicklung. Aber bei jeder technischen Entwicklung haben wir einmal an einem Anfang gestanden. Der Unterschied gegen früher ist nur der, daß sich technische Entwicklungen heute sehr viel schneller vollziehen (siehe Bild 2). Und ebenso können wir sicher sein, daß bei den neuen Druckverfahren noch längst kein Ende in Sicht ist.

So bleibt zu fragen, ob das nun immer gleich Konfrontation bedeutet. Das ist sicher nicht der Fall, wenn man nicht schon von vornherein gegen jede technische Neuerung eingenommen ist. An Diversifizierung wird leider noch viel zu wenig gedacht. Aber denken wir nur an die Ink-Jet-Verfahren: Vor ganz kurzer Zeit wurden sie noch von vielen belächelt und sogar verspottet - und heute ist es sozusagen schon Mode geworden, sich auch als Drucker zumindest mit der Selbstbeanschriftung durch Ink-Jet-Verfahren in der täglichen Praxis zu befassen.